



EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y NUTRICIONAL DE TRES VARIEDADES DE AVENA FORRAJERA (*Avena sativa*): CAYUSE, EVER LEAF Y AVENA NATIVA, CON TRES NIVELES DE FERTI-RIEGO HIDROPÓNICO EN MONGUÍ-BOYACÁ.

**ANGELA PAOLA AVENDAÑO HIGUERA**

Cód. 1052384235

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
(ECAPMA)  
DUITAMA-BOYACA  
2017



EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y NUTRICIONAL DE TRES VARIEDADES DE AVENA FORRAJERA (*Avena sativa*): CAYUSE, EVER LEAF Y AVENA NATIVA, CON TRES NIVELES DE FERTI-RRIEGO HIDROPÓNICO EN MONGUÍ-BOYACÁ.

**ANGELA PAOLA AVENDAÑO HIGUERA**

Código: 1052384235

Trabajo de grado, Modalidad: Trabajo aplicado, presentado como requisito para optar al título de:  
ZOOTECNISTA

DIRECTOR

**HORACIO ROJAS CARDENAS**

Zootecnista, Esp., MsC.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
(ECAPMA)

DUITAMA BOYACÁ

2017

## RESUMEN

El presente trabajo trata sobre la producción de forraje verde hidropónico, consistió en evaluar tres variedades de avena forrajera (*Avena Sativa*) tales como Cayuse, Ever Leaf y Nativa, con el fin de evaluar producción de biomasa, calidad nutricional y costos de producción de cada variedad; la avena forrajera como forraje verde hidropónico (FVH), es un alimento fresco, palatable, con alto valor proteico, de producción constante el cual se obtiene a partir de la germinación hidropónica de semillas o granos, este proceso tuvo un período de duración de 14 días captando la energía del sol y asimilando los nutrientes de la solución nutritiva (ferti-riego), teniendo en cuenta que se puede producir en cualquier época del año; el FVH, es una alternativa como suplementación animal que se puede utilizar en la alimentación de diferentes especies como son los ovinos, bovinos, porcinos, conejos, caballos y avicultura.

Esta producción de FVH tiene como ventajas: alto valor proteico, alta digestibilidad, bajo costo de producción, producción durante todo el año, mínimo espacio de producción, fácil manejo y producción de forraje fresco.

El trabajo aplicado se llevó a cabo en la granja del Colegio Institución Educativa Técnica de Monguí, bajo condiciones de experimentación en invernadero teniendo en cuenta Humedad Relativa (HR), temperatura (T) del ambiente, siembra de semillas, y ferti-riego, con el fin de analizar los diferentes efectos en cada uno de los tratamientos.

Este trabajo finalmente arrojó unos resultados, entre los más importantes; biomasa y calidad nutricional para cada una de las variedades de Avena (*Avena Sativa*), donde se pudo apreciar que el mejor tratamiento para producción de biomasa fue la avena Cayuse en el tratamiento (T2), y en cuanto hace referencia a la calidad nutricional la variedad Ever Leaf fue la que brindó mejores resultados en diferentes tratamientos.

## **ABSTRACT**

The present work deals with the production of hydroponic green forage, which consisted in evaluating three varieties of forage oats (*Avena Sativa*) such as Cayuse, Ever Leaf and Native, in order to evaluate biomass production, nutritional quality and production costs of Each variety; Forage oats as hydroponic green fodder (FVH), which is a fresh, palatable food with high protein value and constant production that is obtained from the hydroponic germination of seeds or grains, this process had a duration of 14 days capturing the energy of the sun and assimilating the nutrients of the nutritive solution (ferti-irrigation), taking into account that it can occur at any time of the year; The FVH, is an alternative as animal supplementation and can be used in the feeding of different species with are sheep, cattle, pigs, rabbits, horses and poultry.

This FVH production has the following advantages: high protein value, high digestibility, low production cost, year-round production, minimum production space, easy handling and fresh fodder production. The applied work was carried out at the School institution Technical Education in Monguí, under conditions of experimentation in greenhouse taking into account the relative humidity (HR) and temperature (T) of the environment, seed sowing, and fertigation, In order to analyze the different effects in each of the treatments.

This work finally yielded results, among the most important; Bio-mass and nutritional quality for each of the varieties of oats (*Avena Sativa*), where it was observed that the best treatment for biomass production was Cayuse oats in the treatment (T2), and as far as reference is made to The nutritional quality Ever Leaf variety was the one that offered the best results in different treatments.

## TABLA DE CONTENIDO

### Contenido

INTRODUCCIÓN .....	11
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA .....	12
Pregunta de Investigación .....	12
<b>1. OBJETIVOS</b> .....	13
<b>1.1. Objetivo General</b> .....	13
<b>1.2. Objetivos Específicos</b> .....	13
<b>2. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	14
<b>2.1. MARCO TEORICO</b> .....	14
2.1.1. Forraje verde Hidropónico .....	14
2.1.2. Fisiología de la planta.....	15
<b>2.1.3. Resultados obtenidos en diferentes Investigaciones.</b> .....	16
<b>2.1.4. Fibra Bruta (FB).</b> .....	17
<b>2.1.5. Fibra Detergente Neutra (FDN).</b> .....	17
<b>2.1.6. Fibra Detergente Acida (FDA)</b> .....	18
<b>2.1.7. Proteína.</b> .....	18
<b>2.1.8. Proteína Bruta (PB)</b> .....	18
<b>2.1.9. Materia Seca (MS)</b> .....	19
<b>2.1.10. Pared Celular (P.C).</b> .....	19
<b>2.1.11. Lignina.</b> .....	19
2.1.12. Degradación ruminal de la fibra.....	20
<b>2.1.13. La fibra y la función ruminal.</b> .....	20
<b>2.1.14. Avena (<i>Avena sativa</i>)</b> .....	21
<b>2.1.15. Avena forrajera (<i>Avena sativa</i>) como Forraje</b> .....	21
2.1.16. Los cereales como cultivos para heno.....	21
2.1.17. Estado óptimo de la avena para cosecha de ensilaje. ....	22
2.1.18. Avena forrajera como FVH. ....	23
2.1.19. Fertilización en la producción de FVH .....	24
<b>2.1.20. Costo de Producción</b> .....	25
<b>2.1.21. Composición nutricional de la avena en FVH.</b> .....	26

2.1.22. Cosecha del forraje verde hidropónico.....	27
2.1.23. Instalaciones.....	27
2.1.24. Fertilizante Orgánico. ....	28
2.1.25. Fertilización en la producción de FVH. ....	29
2.1.26. Resultados obtenidos en otras investigaciones .....	29
2.2 MARCO CONCEPTUAL .....	33
2.2.1. Invernadero .....	33
2.2.2. Bandejas.....	33
2.2.3. Higrómetro.....	33
2.2.4. Gramíneas.....	34
2.2.5. Fertiriego. ....	34
2.2.6. Fitomasa.....	34
2.2.7. Digestibilidad. ....	34
2.2.8. TDN (total de nutrientes digestibles). ....	35
2.2.9. Megacaloría (mcal). ....	36
2.2.10. Alimento comercial balanceado (concentrado). ....	36
2.2.11. Ensilaje.....	36
2.2.13. Henolaje. ....	37
2.2.14. Heno.....	37
2.2.15. Análisis bromatológico.....	38
2.3 MARCO LEGAL.....	38
2.3.1. RESOLUCION 1056 (17 DE ABRIL DE 1996). ....	38
3. HIPOTESIS .....	39
3.1. HIPOTESIS NULA.....	39
3.2. HIPOTESIS ALTERNATIVA.....	39
4. VARIABLES.....	40
4.1. Variables Dependientes.....	40
4.2. Variables Independientes.....	40
5. MARCO METODOLOGICO.....	41
5.1. DISEÑO ESTADISTICO. ....	41
5.2. MARCO GEOGRÁFICO .....	41
5.3.1. población – descripción – importancia.....	42

5.3.2. Muestra-Tratamientos-Tamaños-Diseño- Justificación de la Muestra.....	42
5.4. Fuentes de Información.....	44
5.4.1. Fuentes Primarias.....	44
5.4.2. Fuentes secundarias. ....	44
5.5. Materiales de campo.....	44
5.5.2. Instrumentos de recolección de datos.....	45
5.6. Técnica de recolección de datos. ....	45
5.6.1. Técnicas de Campo.....	45
5.7. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	55
7. CONCLUSIONES.....	71
8. RECOMENDACIONES .....	73
9. BIBLIOGRAFIA.....	74
10. ANEXOS .....	77

## TABLA DE CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Potencial y alternativas de producción de leche en Tamaulipas .....	17
Tabla 2. Comparación de la calidad nutricional de los diferentes tratamientos basados en porcentaje de materia seca. ....	23
Tabla 3. Comparación de la digestibilidad del Heno y del FVH de Avena y Trigo.....	23
Tabla 4. Fitomasa producida en avena hidropónica en períodos de cosecha y bajo cuatro niveles de fertilización nitrogenada. ....	24
Tabla 5. Comparación costos de alimentación en terneros. ....	25
Tabla 6. Análisis comparativo del valor nutricional del grano de avena y el FVH obtenido de las semillas de avena a los 10 cm de altura y 13 días de crecimiento.....	26
Tabla 7. Composición química de FVH de avena y CC utilizado en el estudio (BMS).....	26
Tabla 8. Nutrientes y función en el metabolismos de las plantas. ....	28
Tabla 9. Variaciones de peso vivo (PV) en corderos durante periodo experimental. ....	31
Tabla 10. Suministro de FVH recomendadas según especie animal. ....	31
Tabla 11. Valores nutricionales del estado de la avena forrajera ( <i>Avena Sativa</i> ), según diferentes autores.....	32
Tabla 12. Producción promedio de biomasa total para cada uno de los tratamientos. ....	56
Tabla 13. Producción de altura promedio en centímetros para cada uno de los tratamientos. ....	57
Tabla 14. % Materia Seca. ....	58
Tabla 15. % Cenizas. ....	59
Tabla 16. % de Proteína Cruda. ....	60
Tabla 17. % <b>Fibra detergente Neutra (FDN)</b> . ....	61
Tabla 18. % Fibra Detergente Ácida (FDA). ....	63
Tabla 19. % Fibra Cruda (F.C). ....	64



Tabla 20. % Energía (E.E). .....	65
Tabla 21. Análisis estadístico de los contenidos nutricionales de las tres variedades de avena. ....	67
Tabla 22. <b>Datos de registros de la Temperatura y Humedad del ambiente.</b> .....	68
Tabla 23. Costos de producción de cada Tratamiento. ....	69
Tabla 24. Costos de producción del FVH de cada variedad .....	69

## TABLA DE CONTENIDO DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Resultados ensayo de producción de leche .....	30
Gráfica 2. Diagrama manejo de los tratamientos.....	43
Gráfica 3. Desinfección y retiro de impurezas para la avena nativa. ....	47
Gráfica 4. Embuchamiento.....	47
Gráfica 5. Bandejas.....	48
Gráfica 6. Siembra. ....	49
Gráfica 7. Riego. ....	50
Gráfica 8 Recubrimiento. ....	50
Gráfica 9. Toma de datos.....	51
Gráfica 10.Registros.....	51
Gráfica 11. Fertilización .....	52
Gráfica 12. Seguimiento.....	53
Gráfica 13. Resultados.....	54
Gráfica 14. Toma de muestras.....	55
Gráfica 15. Análisis comparativo de producción de biomasa total por tratamiento.....	56
Gráfica 16. Producción de altura promedio en centímetros para cada uno de los tratamientos. ....	57
Gráfica 17. % Materia Seca .....	59
Gráfica 18. % de Cenizas.....	60
Gráfica 19. % de Proteína cruda. ....	61
Gráfica 20. % de Fibra Detergente Neutra (FDN).....	62
Gráfica 21. % de Fibra Detergente Acida (FDA).....	63
Gráfica 22. % Fibra Cruda.....	65
Gráfica 23. % Energía.....	66

## INTRODUCCIÓN

En el departamento de Boyacá se encuentra gran cantidad de familias dedicadas a la producción pecuaria, con ovinos, conejos, cabras, avicultura y bovinos. La mayoría de especies trabajadas son rumiantes, exigiendo como alimento principal forraje verde, en épocas de sequía la producción de este forraje es escaso por falta de agua y la siembra de bancos forrajeros requieren gran extensión de terreno y riego constante; los periodos de cosecha varía entre los 40 días y los 60 días dependiendo el tipo de forraje, la calidad del suelo y abonamiento..

El Forraje Verde Hidropónico es una técnica de producción forrajera sin el uso de tierra, el cual se obtiene a partir de la germinación hidropónica de semillas o granos, que con un riego constante se pueden obtener cosechas en tan solo 14 días convirtiéndose en una alternativa alimenticia para los animales de granja. La producción de este forraje proporciona alimento fresco y palatable y su producción es continua y puede realizarse de forma artesanal y a bajo costo, ya que las instalaciones se pueden realizar con material reciclado de la misma finca y obteniendo forrajes en cualquier época del año.

En este trabajo se evaluaron tres variedades de Avena forrajera (*Avena sativa*), como son la Cayuse, Ever leaf y Nativa, bajo tres niveles de ferti-riego, donde se evaluó la producción de biomasa, la calidad nutricional y los costos de producción.

## **PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA**

En Colombia, principalmente en el departamento de Boyacá no hay estudios ni reportes acerca del valor nutricional y de producción de biomasa total disponible para la avena bajo la técnica de Forraje verde hidropónico FVH. El desconocimiento del uso y manejo de cultivos hidropónicos (FVH) hace que sea desapercibido en la región y por ende que no se produzcan estos forrajes bajo esta técnica y de tal razón se desconozcan cuál de estas variedades de avena (Cayuse, Ever leaf y avena Nativa) produce mejor cantidad de biomasa y mejor valor nutricional bajo diferentes niveles de fertilización.

### **Pregunta de Investigación**

De tres variedades de avena (Nativa, Cayuse y Ever Leaf) ¿cuál se comporta mejor en producción de biomasa y calidad nutricional en forraje verde hidropónico (FVH), sometida a tres niveles de ferti-riego?

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. Objetivo General**

Evaluar el rendimiento productivo y valor nutricional a tres variedades de avena (*Avena sativa*) como son: Cayuse, Ever Leaf y Avena Nativa con tres niveles de ferti-riego y bajo la técnica de producción de forraje verde hidropónico.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar la biomasa producida con un sistema de forraje verde hidropónico (FVH) en tres variedades de (*Avena sativa*), como son: Cayuse, Ever Leaf y Avena Nativa) bajo tres niveles de ferti-riego.
- ✓ Determinar el valor nutricional de tres variedades de Avena (*Avena sativa*) como son: Cayuse, Ever Leaf y Avena Nativa, bajo tres niveles de ferti-riego. en un sistema de forraje verde hidropónico (FVH).
- ✓ Determinar los costos de producción del (FVH) para cada una de las variedades de avena sometidas a experimentación.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. MARCO TEORICO**

La necesidad de suplementos nutricionales en el campo pecuario, surge en momentos en los cuales se atraviesan problemas de producción de forraje para la alimentación animal, tales como; extensión y condiciones del terreno, agua y duración de la producción del forraje.

Una producción de forraje de corto periodo, nutritivo, palatable y de fácil manejo, hace que el forraje verde hidropónico sea el indicado y una alternativa alcanzable.

#### **2.1.1. Forraje verde Hidropónico**

El forraje verde hidropónico (FVH) es una técnica de cultivo sin tierra, representa una alternativa de producción de forraje para la alimentación de corderos, cabras, terneros vacas en ordeño, caballos, conejos, gallinas ponedoras, patos y cuyes entre otros. El forraje verde hidropónico además de ser una alternativa de suplementación en época de escasez, tiene un alto contenido proteico. (FAO, 2001)

El uso de este forraje ha dado buenos resultados tanto en animales monogástricos como poligástricos debido a que el animal consume todo el colchón formado por el forraje verde hidropónico donde se encuentran las raíces, semillas sin germinar y la parte verde de la planta, este colchón aporta nutrientes como vitaminas, enzimas, coenzimas y aminoácidos libres (Rodríguez, 2003)

Al ofrecer forraje fresco a los rumiantes puede ocasionar problemas digestivos, debido a que son forrajes con alto grado de pasaje, alto porcentaje de agua, y

menor grosor de la pared celular produciendo heces sueltas la cual se presenta por un rápido paso del alimento por el aparato digestivo del animal y también repercute en la rumia (no hay regurgitación adecuada) debido a su alta digestibilidad. (Randall, 2004).

Los granos más utilizados para esta técnica (FVH), son: avena, maíz trigo y sorgo la elección del grano a utilizar depende de la disponibilidad y el precio para adquirirla.

### **2.1.2. Fisiología de la planta.**

La semilla es una estructura en reposo, por ello se encuentra deshidratada, compuesta principalmente de reserva y rodeada por un cubierto impermeable. Los procesos metabólicos están suspendidos o tienen lugar lentamente; la semilla está en una condición de vida interrumpida debido a su carencia de agua y oxígeno.

Durante la fase de absorción del agua se inicia la actividad vital de la semilla, es decir, se reanuda el metabolismo, para lo cual se necesitan condiciones adecuadas de humedad, temperatura, oxígeno. Una vez reunidos estos factores la semilla va aumentando de volumen por la absorción del agua, el embrión se hincha, se reblandecen las cubiertas protectoras y las reservas alimenticias principian una serie de reacciones químicas y biológicas que hacen que el embrión se desarrolle.

En la fase de movilización de nutrientes los cotiledones se van reduciendo mientras la nueva planta consume sus reservas, el alimento almacenado en ellos es digerido por la acción del agua, se descomponen mediante la respiración, o se usa en el desarrollo de nuevas estructuras. Los alimentos almacenados en los cotiledones generalmente se encuentran en cantidades suficientes

para sostener el crecimiento de las plántulas hasta cuando ésta pueda empezar a fabricar su propio alimento.

En el proceso de germinación de una semilla se produce una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas muy importantes. El germen del embrión de la futura planta, a partir de un almacén de energía en forma de carbohidratos y lípidos, es capaz de transformarse en pocos días en una plántula con capacidad para captar energía del sol y absorber elementos minerales de la solución nutritiva en este estado la planta tanto en su parte aérea como en la zona radicular se encuentra en un crecimiento acelerado poseyendo poco contenido de fibra y un alto contenido en proteína, parte de la cual se encuentra en estado de nueva formación, por lo que gran parte de los aminoácidos están en forma libre y son aprovechables más fácilmente por los animales que los consumen. Carballo. 2005

### **2.1.3. Resultados obtenidos en diferentes Investigaciones.**

Las investigaciones realizadas de Forraje Verde Hidropónico en la alimentación animal poseen buenos resultados tales como aumento de la ganancia de peso vivo en corderos precozmente destetados al suministrarle dosis crecientes de FVH. (Morales, 1987)

Ensayos han demostrado resultados óptimos en ganancias diarias de peso en conejos, cuyes, cerdos y terneros, al igual que aumento en la producción y mejoramiento en la calidad de la leche en vacas.

Factor anti- deshidratación. En caballos de carrera, de paseo y de resistencia (Valdivia, 1996) se ha constatado que aparte de causar aumento de la ingesta de proteína y de ser un alimento de alta digestibilidad le sirve como anti deshidratante luego de un gran esfuerzo físico.



**Tabla 1.** Potencial y alternativas de producción de leche en Tamaulipas

CUADRO COMPARATIVO DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO				
	F.V.H.	CONCEN- TRADO	HENO	PAJA
Energía(kcal/Kg.MS)	3.216	3.000	1.680	1.392
Proteína en Cebada (%)	25	30.0	9.2	3.7
Digestibilidad (%)	81.6	80	47.0	39.0
Kcal digestible/Kg.	488	2.160	400	466
Kg. Proteína digestible/Tm.	46.5	216	35.75	12.8
Mcal= 1.000 x Kcal MS= Materia seca				
F.V.H.=forraje verde hidropónico				

Fuente. Garza, B. 2013

#### **2.1.4. Fibra Bruta (FB).**

Consiste en el residuo insoluble después de incubación en una solución acida, seguida por una alcalina. El residuo contiene celulosa, pero está contaminada con cantidades variables de hemicelulosa, lignina y compuestos nitrogenados. La magnitud de la contaminación de la FB depende mucho del tipo de vegetal y de su estado de desarrollo fisiológico, lo que conduce errores que dificultan su interpretación, por lo que el uso de la FB en los sistemas actuales debe ser limitado (Van Soest, 1982)

#### **2.1.5. Fibra Detergente Neutra (FDN).**

Es el material insoluble en una solución detergente neutra, y se compone de celulosa, hemicelulosa lignina. Además existen otros componentes minoritarios como residuos de almidón, cenizas, nitrógeno. Calsamiglia, S. 1997

#### **2.1.6. Fibra Detergente Acida (FDA)**

Es el material insoluble en una solución detergente acida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y minerales. La diferencia entre FDN Y FDA consiste fundamentalmente en hemicelulosa. Calsamiglia, S. 1997.

#### **2.1.7. Proteína.**

La proteína es un compuesto que contiene nitrógeno, el principal componente del músculo y la sangre, son las sustancias más importantes para el organismo. La proteína de los alimentos se absorbe en forma de péptido amino y se re-sintetiza a proteína en el cuerpo. Los microorganismos de los animales rumiantes pueden utilizar nitrógeno no proteico (NPN) en el rumen sintetizándose una proteína bacteriana. Manual del protagonista, 2016.

#### **2.1.8. Proteína Bruta (PB).**

El contenido de PB (g/m<sup>2</sup>) al cabo de 15 días de crecimiento, tiende a aumentar a medida que se incrementa el contenido de N de la solución nutritiva, (hasta valores de 200 ppm). Una concentración mayor, (por ejemplo 400 ppm), no aumenta el aporte proteico, si no que por el contrario, lo disminuyó en aproximadamente 13,6 % respecto del tratamiento anterior. Esto equivale a 59 g/m<sup>2</sup> de proteína (base materia seca) (Dosal, 1987). La mencionada disminución de proteína, asociada a altos niveles de fertilización nitrogenada, podría indicarnos un posible efecto de toxicidad o desbalance con otros nutrientes, lo que a su vez, sería la causa de una menor producción de fitomasa. (FAO, 2001)

#### **2.1.9. Materia Seca (MS)**

El porcentaje de materia seca se refiere a la cantidad de alimento menos el agua contenida en dicho alimento, en otras palabras, si una muestra de alimento "X" se somete a un calor moderado (típicamente 65°C por 48 horas) de tal modo que toda el agua se evapore, lo que queda es la porción de materia seca de ese alimento. Ramírez, H. 2011.

#### **2.1.10. Pared Celular (P.C).**

La pared celular tiende a disminuir en el follaje a medida que pasa el tiempo, mientras que en el sistema radicular aumenta (Dosal (1987) e Hidalgo (1985). Analizando los datos totales (pared celular de follaje más sistema radicular), se observa que la P.C. aumenta en términos muy interesantes respecto al grano. (FAO, 2001)

#### **2.1.11. Lignina.**

Se ha demostrado que en el FVH existe un aumento de la cantidad de lignina (g/m<sup>2</sup>) en comparación con el grano. Esto nos indica que realmente existe una síntesis durante la etapa de crecimiento del FVH. La lignina cumple un importante rol en la estructura celular. El aumento de la lignina en el FVH con respecto al grano, se debería al incremento en la actividad de enzimas relacionadas a la biosíntesis de la lignina (tirosina amonioliasa). Se conoce que tanto la luz, la temperatura, la concentración de etileno y el metabolismo de los hidratos de carbono, regulan la actividad de esta enzima precursora de la lignina. Dichas condiciones se encuentran casi óptimas en los recintos de producción de FVH, de ahí su mayor presencia en el FVH que en el grano. (FAO, 2001)

#### **2.1.12. Degradación ruminal de la fibra.**

La fibra se fermenta en el rumen lentamente por la acción de las bacterias fibrolíticas. El proceso de degradación de la fibra se inicia con la adhesión de las bacterias a la pared vegetal, proceso que se realiza a una velocidad inversamente proporcional al grado de lignificación de dicha pared. Una vez adheridas, la degradación de los componentes de la pared celular progresa por la acción de las celulasas y hemicelulasas, y varía en función de la composición, el entramado tridimensional de los componentes y el grado de lignificación. Las bacterias fibrolíticas producen glucosa o pentosas como productos intermedios, y utilizan mayoritariamente vías fermentativas que conducen a la producción de acetato como producto final. Durante el proceso fermentativo de la fibra se pierde un carbono en forma de metano, por lo que el proceso es energéticamente menos eficaz que la fermentación de otros nutrientes. Sin embargo, el acetato juega un papel muy importante en el aporte de precursores para la síntesis de grasa en la glándula mamaria, y por lo tanto la producción de acetato (y en consecuencia el aporte de fibra y la supervivencia de las bacterias fibrolíticas) es imprescindible. La degradabilidad efectiva en el rumen de la fibra potencialmente degradable depende de la velocidad de tránsito ruminal y de su velocidad de degradación. Calsamiglia, S. 1997.

#### **2.1.13. La fibra y la función ruminal.**

La fibra, como nutriente, contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal (Llenado ruminal y estímulo de las contracciones ruminales) y de las condiciones ruminales (pH, a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia; Nocek, 1994). Estas dos funciones dependen de la composición, la degradabilidad y la forma de presentación de la fibra. Por otro lado, la fibra supone un inconveniente, en el sentido que limita el contenido energético de las raciones (baja digestibilidad) y el potencial de ingestión (Mertens, 1987). La formulación correcta de raciones debe buscar el equilibrio entre la ingestión

máxima de materia seca (niveles bajos de FND) y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen (aportando unos niveles mínimos de FDN y FDA). Calsamiglia, S. 1997.

#### **2.1.14. Avena (*Avena sativa*).**

La avena es una planta que puede adaptarse a una gran variedad de climas desde semi cálidos a fríos y alturas de 0 a 3000 msnm. Aunque en general se siembra en regiones de clima frío, seco o húmedo y produce una cosecha anual. (Pearson 1994).

#### **2.1.15. Avena forrajera (*Avena sativa*) como Forraje**

Para la avena hay dos métodos de cosecha ya sea para forraje o para grano. Al implementar la avena como forraje, se puede cortar alrededor de 105 días y el grano llega a su madurez fisiológica a los 160 días, teniendo producciones de forraje de 45 - 50 toneladas por Ha y un 16% de proteína. En grano de 3,7 toneladas por *Ha* (**Há**) con un 18% de proteína (ICA-Gualcala). Para emplear la avena como forraje, este se puede cortar cuando el promedio de las plantas se encuentren alrededor de 8cm, debido a que si no se corta se tendrían los mismos efectos del sobrepastoreo y por ende menos recuperación del cultivo al emplearse como heno tiene un porcentaje promedio de 8.2% de proteína (Pearsons, 1994).

#### **2.1.16. Los cereales como cultivos para heno**

Los cereales son el alimento humano más importante y, como grupo, constituyen las especies más difundidas. Muchos cereales son además cultivados como forrajes o, por lo menos, usados como tales cuando las condiciones del

mercado los favorecen. La paja y los tallos gruesos son importantes fuentes de alimento para el ganado, sobre todo para los rumiantes mayores, y los restos de la cosecha a menudo son pastoreados. La paja es más apreciada en los países en desarrollo que en los países con sistemas de cultivo más intensivos. Dado que la paja ha perdido todas las hojas es un alimento pobre y ordinario; sin embargo, es posible hacer un excelente heno a partir de los cereales si se cortan cuando aún tienen hojas, de lo contrario el producto será apenas superior a la paja. La avena y la cebada son comúnmente cultivadas para henificar mientras que el trigo no es tan apreciado y el centeno es considerado ordinario. Los cultivos de cereales afectados por sequías a menudo son usados para heno. (FAO, 2003).

#### **2.1.17. Estado óptimo de la avena para cosecha de ensilaje.**

Los granos en los cereales son la parte más importante del cultivo, el criterio para cosecharlos debe ser la madurez de la espiga y no la edad del cultivo. En las espigas de la avena, maduran primero los granos superiores, luego los del tercio medio y finalmente los inferiores, encontrándose en una misma espiga granos maduros en la punta, granos lechoso – pastoso en la mitad y granos lechosos o en formación en la base, tampoco maduran todas las plantas del cultivo en forma simultánea.

El momento de cosecha del cultivo con mayor cantidad de nutrientes, especialmente almidones, se da cuando más de la mitad del cultivo tiene el tercio medio de las espigas con los granos en estado lechoso – pastoso, encontrándose granos maduros en el tercio superior, de color marrón. (Villegas, J. Pardo, A. Llanos, L. 2014)

### 2.1.18. Avena forrajera como FVH.

Las ventajas que representa el uso del FVH de avena y trigo para animales herbívoros en cautiverio frente al heno, se establecieron mediante la comparación de los porcentajes de FDN, FDA, proteína y materia seca.

**Tabla 2.** Comparación de la calidad nutricional de los diferentes tratamientos basados en porcentaje de materia seca.

%	FVH Avena	FVH Trigo	Heno Alfalfa
MS	<b>19,6</b>	<b>16,2</b>	<b>85,1</b>
Proteína Total	<b>19,2</b>	<b>22,9</b>	<b>19,2</b>
FDN	<b>37,3</b>	<b>34,8</b>	<b>54,4</b>
FDA	<b>18,2</b>	<b>14,6</b>	<b>43,8</b>

*Fuente:* (Mauricio R, 2009)

De acuerdo a lo anterior, se puede considerar que el FVH de avena y trigo son forrajes frescos aptos para el consumo de herbívoros por la cantidad de proteína proporcionada, por sus bajos valores de FDA y FDN y porque pueden aumentar el porcentaje de digestibilidad.

**Tabla 3.** Comparación de la digestibilidad del Heno y del FVH de Avena y Trigo.

Tratamiento	Avena	Trigo	Heno
<b>% Digestibilidad</b>	74,7	77,5	54,7

*Fuente:* (Mauricio R, 2009)

Los resultados de la calidad del FVH, el porcentaje de digestibilidad y la clasificación de los mamíferos seleccionados en el zoológico para el trabajo, muestran que el FVH de avena y trigo es un alimento apto y una alternativa para la dieta de los animales. Es importante considerar que estos prefieren forrajes

bajos en fibra y que por lo mismo el FVH podría implementarse no solo como un alimento complementario sino principal. (Mauricio R, 2009)

#### 2.1.19. Fertilización en la producción de FVH

Según diversos autores, Hidalgo (1985), Dosal (1987), el uso de fertilización en la producción de FVH resulta positivo como para recomendar su uso. Dosal (1987), probando distintas dosis de fertilización en avena, encontró los mejores resultados en volumen de producción y valor nutritivo del FVH cuando se utilizó 200 ppm de nitrógeno en la solución nutritiva. El mismo autor señala que la pérdida de materia seca durante los primeros 11 días es menor en todos los tratamientos con fertilización nitrogenada (100; 200 y 400 de nitrógeno) que en el caso del testigo (sin fertilizar). El tratamiento de 200 ppm presentó a los 11 días un 94 % de materia seca respecto al primer día, mientras que en el día 15, marcó tan solo 76 %. (FAO, 2001)

**Tabla 4.** Fitomasa producida en avena hidropónica en períodos de cosecha y bajo cuatro niveles de fertilización nitrogenada.

Nivel de Fertilización en ppm de Nitrógeno	Tiempo de Cosecha (días)	Fitomasa Producida (kg MS * m-2)
0	7	3,39
0	11	2,79
0	15	2,66
100	7	3,26
100	11	2,95
100	15	2,27
200	7	3,54
200	11	3,43
200	15	2,77



400	7	3,54
400	11	3,30
400	15	2,32

Fuente: (FAO, 2001)

Los resultados anteriores de la tabla demuestran que el uso de fertilizaciones mayores a las 200 ppm de nitrógeno no resulta en mayor cantidad de producción de fitomasa. También se comprueba que la pérdida de fitomasa resulta inevitable a medida que pasa el tiempo, aunque se recurra a prácticas de fertilización. Esto avala el concepto de que períodos “Siembra – Cosecha” prolongados son desfavorables para la producción de FVH.

#### 2.1.20. Costo de Producción

Una investigación realizada obtuvo un resultado positivo de una alternativa de alimentación en terneros a base de FVH el cual estuvo dado en un significativo ahorro en los costos de alimentación.

**Tabla 5.** Comparación costos de alimentación en terneros.

Tratamiento	Aumento en kilos de P.V. por Animal	Costo por Ternero	Costo por kilo de Aumento de P.V.
<b>Concentrado 100%</b>	37,99	76,876	2,024
<b>Concentrado 50%</b>	39,25	69,673	1,777
<b>FVH 100%</b>	29,93	64,134	2,146

Fuente: FAO, 2001

### 2.1.21. Composición nutricional de la avena en FVH.

**Tabla 6.** Análisis comparativo del valor nutricional del grano de avena y el FVH obtenido de las semillas de avena a los 10 cm de altura y 13 días de crecimiento.

Nutriente	Grano	FVH
<b>Materia seca (%)</b>	91,0	32,0
<b>Cenizas (%)</b>	2,3	2,0
<b>Proteína Bruta (%)</b>	8,7	9,0
<b>Proteína Verdadera (%)</b>	6,5	5,8
<b>Pared Celular (%)</b>	35,7	56,1
<b>Contenido Celular (%)</b>	64,3	43,9
<b>Lignina (%)</b>	3,6	7,0
<b>Fibra Detergente Ácido (%)</b>	17,9	27,9
<b>Hemicelulosa (%)</b>	17,8	28,2

Fuente: FAO, 2001

**Tabla 7.** Composición química de FVH de avena y CC utilizado en el estudio (BMS).

Parámetro	FVH	Concentrado comercial
<b>Materia Seca (%)</b>	36.9	89.0
<b>Proteína Bruta (%)</b>	14.8	15.0
<b>Fibra Cruda (%)</b>	18.8	19.0
<b>Grasa (%)</b>	6.6	3.0
<b>Cenizas (%)</b>	5.1	7.0

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2007.

### **2.1.22. Cosecha del forraje verde hidropónico.**

La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH (Bonner y Galston, 1961; Koller, 1962; Simon y Meany, 1965; Fordham et al, 1975, citados todos ellos por Hidalgo, 1985.).

### **2.1.23. Instalaciones**

La localización de una construcción para producción de FVH no presenta grandes requisitos. Como parte de una buena estrategia, la decisión de iniciar la construcción de instalaciones para FVH debe considerar previamente que la unidad de producción de FVH debe estar ubicada en una zona de producción animal o muy próxima a esta; y que existan períodos de déficit nutricional a consecuencia de la ocurrencia de condiciones agrometeorológicas desfavorables para la producción normal de forraje (sequías recurrentes, inundaciones) o simplemente suelos malos o empobrecidos. Para iniciar la construcción se debe nivelar bien el suelo; buscar un sitio que esté protegido de los vientos fuertes; que cuente con disponibilidad de agua de riego de calidad aceptable para abastecer las necesidades del cultivo; y con fácil acceso a energía eléctrica.

Existe un amplio rango de posibilidades para las instalaciones que va desde aquellas más simples construidas artesanalmente con palos y plástico, hasta sofisticados modelos digitalizados en los cuales casi no se utiliza mano de obra para la posterior producción de FVH. En los últimos años se han desarrollado métodos operativos con modernos instrumentos de medición y de control (relojes, medidores del pH, de conductividad eléctrica y controladores de la tensión de CO<sub>2</sub>). (FAO, 2001).

#### 2.1.24. Fertilizante Orgánico.

Pant et al. (2009) y Theunissen et al. (2010) señalan que los niveles de crecimiento y producción de biomasa en plantas fertilizadas con fertilizantes orgánicos o biofertilizantes, se deben principalmente a que los nutrientes contenidos en estas soluciones se encuentran en forma iónica y por lo tanto están disponibles para las plantas. Señalando que la alta disponibilidad de nutrientes en dichas soluciones orgánicas es atribuible a los procesos de fermentación aeróbica y anaeróbica realizados por microorganismos contenidos en la materia orgánica, los cuales actúan como reguladores del crecimiento vegetal, incrementando finalmente la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. (FAO, 2001).

**Tabla 8.** Nutrientes y función en el metabolismo de las plantas.

NUTRIENTE	FUNCIÓN EN EL METABOLISMO DE LAS PLANTAS
Nitrógeno 200 ppm	Es el nutriente motor del crecimiento y el componente principal de la mayoría de los aminoácidos que integran las proteínas.
Fósforo 50-100 ppm	Es la fuente de energía para todos los procesos metabólicos.
Potasio 100-200 ppm	Participa en casi todos los procesos, pero no tiene un papel específico. Su rol más relevante lo cumple en todo proceso de traslado de azúcares fotosintetizados.
Magnesio 50-100 ppm	Forma parte de la molécula de clorofila, potenciando de esta manera la síntesis de azúcares. Optimiza el aprovechamiento del fósforo.
Hierro 10 ppm	Actúa como activador enzimático en la síntesis de clorofila junto con el magnesio.

Fuente: (FAO, 2001)

#### **2.1.25. Fertilización en la producción de FVH.**

Según diversos autores, Hidalgo (1985), Dosal (1987), el uso de fertilización en la producción de FVH resulta positivo como para recomendar su uso. Dosal (1987), probando distintas dosis de fertilización en avena, encontró los mejores resultados en volumen de producción y valor nutritivo del FVH cuando se utilizó 200 ppm de nitrógeno en la solución nutritiva. El mismo autor señala que la pérdida de materia seca durante los primeros 11 días es menor en todos los tratamientos con fertilización nitrogenada (100; 200 y 400 de nitrógeno) que en el caso del testigo (sin fertilizar). El tratamiento de 200 ppm presentó a los 11 días un 94 % de materia seca respecto al primer día, mientras que en el día 15, marcó tan solo 76 %. (FAO, 2001)

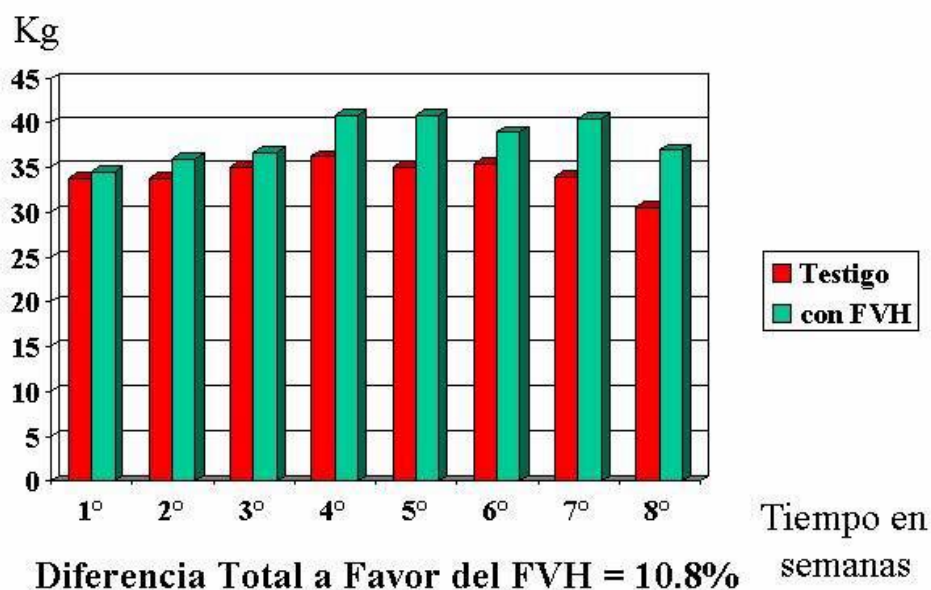
#### **2.1.26. Resultados obtenidos en otras investigaciones**

Los resultados más significativos que se han encontrado a través de investigaciones para la producción y consumo de FVH, han sido las realizadas para ganado vacuno; estos resultados demostraron un incremento de producción de leche de un 18% mayor que sin el uso de FVH ya que sus resultados son demostrados como por ejemplo en la producción de leche como se puede ver en la siguiente gráfica.

.

**Gráfica 1.** Resultados ensayo de producción de leche

### **Ensayo de Producción Lechera** Promedio diario semanal



**Fuente:** Manual técnico, Forraje Verde Hidropónico, FAO, 2001.

#### **Resultados obtenidos en corderos.**

Se llevó a cabo una investigación para estudiar el efecto de la inclusión de dos niveles diferentes de FVH de avena en la alimentación de corderos precozmente destetados. Los tratamientos fueron así:

Tratamiento I: Concentrado

Tratamiento II: Concentrado +150 gr MS FVH

Tratamiento III: Concentrado + 300gr MS FVH.

Y los resultados fueron así:

**Tabla 9.** Variaciones de peso vivo (PV) en corderos durante periodo experimental.

Parámetro	Tratamiento		
	I	II	III
<b>Peso vivo inicial (Kg)</b>	17,8	17,7	17,9
<b>Peso vivo final (Kg)</b>	26,9	29,3	29,8
<b>Aumento en el periodo de los 49 días (Kg).</b>	9,2	11,6	11,8
<b>Aumento diario (Kg/día/animal)</b>	0,19	0,24	0,24

**Fuente:** Manual técnico, Forraje Verde Hidropónico, FAO, 2001.

Los mayores aumentos correspondieron a los tratamientos II y III, los cual fue incluido en su dieta 150gr y 300gr de FVH.

Los aumentos de peso vivo (PV) de los corderos están directamente relacionados con el mayor consumo de proteína cruda y Energía digestible. A su vez este mayor consumo se originó por la ingesta de FVH.

**Tabla 10.** Suministro de FVH recomendadas según especie animal.

<b>Especie Animal</b>	<b>Dosis de FVH, Kg por cada 100 Kg de peso vivo</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Vaca Lechera</b>	1 Kg - 2Kg	Suplementar con paja de cebada y otras fibras
<b>Vacas Secas</b>	0,5 Kg	Suplementar con fibra de buena Calidad
<b>Vacunos de Carne</b>	0,5 Kg -2Kg	Suplementar con fibra normal
	2Kg	Crecen más rápido y se reproducen

<b>Cerdos</b>		mejor
<b>Aves</b>	25 Kg de FVH/100 Kilos de Alimento seco	Mejoran el factor de conversión
<b>Caballos</b>	1Kg	Agregar fibra y comida completa mejoran performance en caballos de carrera, paso y tiro
<b>Ovejas</b>	1Kg - 2Kg	Agregar fibra
<b>Conejos</b>	0,5 Kg - 2Kg	Suplementar con fibra y balanceados

Fuente. FAO, Manual técnico FVH. 2001.

**Tabla 11.** Valores nutricionales del estado de la avena forrajera (*Avena Sativa*), según diferentes autores.

<b>Estado de avena forrajera.</b>	<b>Materia Seca. %</b>	<b>Proteína PC. %</b>	<b>Energía M.cal. %</b>	<b>Calcio (Ca). %</b>	<b>Fosforo (P). %</b>	<b>Fuente</b>
<b>Grano</b>	88	11	2,4	24	17	NRC-2001
<b>Corte</b>	19	8,2	1,54	0,2	0,02	Solano. L, 1999
<b>Ensilaje</b>	28	12	1,63	0,17	0,12	Solano. L, 1999
<b>Heno</b>	90	5,3	1,8	0,26	0,24	Gelvez. L, 2016
<b>FVH.</b>	23,8	13,2	8,15			Avendaño. 2017

Fuente. Recopilación realizada por la autora, 2017

### **Recomendaciones y niveles máximos de suministro de FVH**

En la alimentación de aves el riesgo en casos de exceso en el uso de FVH, es el incremento de excreta de heces líquidas y fermentaciones aeróbicas del es-



tiércol, malos olores de los locales, aumento de insectos voladores no deseados y aumento de enfermedades respiratorias especialmente en verano.

El suministro de FVH en dosis crecientes hasta los 300 g de FVH en base seca a las dietas de los corderos, tiene un efecto de mayor consumo de alimento por día y un mayor aumento de peso vivo por día. FAO. 2001.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

Es importante dar claridad a los procesos y técnicas utilizados para este trabajo aplicado, es por esto que los siguientes términos tienen su significado y explicación para que sea más descifrable.

### **2.2.1. Invernadero**

Un invernadero es un sitio que ha sido adaptado a la producción de cultivos, está recubierto de plástico que permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales para favorecer el desarrollo de las plantas.

### **2.2.2. Bandejas**

Son utilizadas para la producción de forraje verde hidropónico, es donde se siembra la semilla, en este caso se realizaron mediante palos de madera y plástico de invernadero de color transparente, con medidas de 50cm x 80cm.

### **2.2.3. Higrómetro.**

Es un equipo utilizado para medir la temperatura ambiente y la Humedad presente en el aire, en el suelo, en las plantas, dando como resultado una indicación cualitativa de la humedad presente en el ambiente en la cual se utiliza.

#### **2.2.4. Gramíneas.**

Familia de plantas monocotiledóneas de tallo cilíndrico, nudoso y generalmente hueco, hojas alternas que abrazan el tallo, flores agrupadas en espigas o en panojas y grano seco cubierto por las escamas de la flor, como ejemplo: la avena, el trigo, el maíz, la cebada, el kikuyo entre otros.

#### **2.2.5. Ferti-riego.**

Es una técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través de un sistema de riego, con el fin de utilizar en un solo paso la administración de agua y aplicación de nutrientes a las plantas para su crecimiento y desarrollo.

#### **2.2.6. Fitomasa.**

Es el peso de todos los organismos vegetales por unidad área, producción de forraje el cual se refiere a la cantidad real producido en un periodo de tiempo dado; cobertura es la proporción del suelo ocupado por las plantas; cobertura basal (Tallo) esta cobertura se emplea para medir la vegetación que se desarrolla sobre el nivel del suelo y cobertura aérea es el área superior cubierta por el follaje de la parte superior de las plantas. Torreón. C. 2013

#### **2.2.7. Digestibilidad.**

Aprovechamiento de un alimento, es decir la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. (Manual del protagonista, 2016).

La digestibilidad varía de acuerdo con factores propios del alimento y por efecto de los animales que lo consumen. En general, la digestibilidad de los granos de cereales y otras fuentes de azúcares o almidones es elevada para todas las especies de animales de granja. Las fuentes proteicas de origen vegetal y las harinas de carne y pescado son también altamente digestibles para todas las especies, no así las harinas de sangre y de pluma.

Los alimentos que más varían en digestibilidad son los forrajes, siendo el estado de madurez el principal causante de dicha variabilidad. En general, a medida que aumenta la madurez, de la planta disminuye su contenido de proteínas, y de azúcares solubles, y se eleva el contenido de fibra (principalmente celulosa y lignina), lo que causa una disminución gradual en la digestibilidad. (Polo. N, 2010)

#### **2.2.8. TDN (total de nutrientes digestibles).**

Es un método matemático para el cálculo aproximado de la energía liberada por un ingrediente dado. Este método además de valorar energéticamente a un alimento partiendo de ensayos de digestibilidad, puede valorar la energía existente en % o en Kg. El método consiste en tomar los valores de los componentes orgánicos del análisis proximal, o sea las proteínas crudas, el extracto etéreo, la fibra cruda y el extracto libre de nitrógeno (pero no la materia mineral por ser considerada como inorgánica) y multiplicados por su digestibilidad. El producto de la multiplicación del extracto etéreo por su digestibilidad se multiplica a la vez, por 2.25, pues se considera que las grasas liberan 2.25 veces más energía que las proteínas y que los carbohidratos. Los resultados parciales se suman y el total se divide entre 100 con el objeto de expresar el TDN como porcentaje del ingrediente analizado. (Polo. N, 2010).

### **2.2.9. Megacaloría (mcal).**

El método tradicional para expresar el valor energético es el que emplea calorías tanto para denotar el contenido energético de un ingrediente (que se expresa como kilocalorías por gramos (Kcal/g) o como mega calorías por kilogramos (Mcal/Kg), como para expresar los requerimientos por parte de los animales (Kilocalorías o megacalorías por animal por día).

La unidad básica que se expresa para determinar los métodos energéticos es la caloría (cal) y se define como la unidad de calor que es necesaria para incrementar la temperatura de un gramo de agua, de 14.5 a 15.5 grados centígrados.

Una Kcal equivalente a 1000 calorías y la Mcal equivale a 1000 Kcal o a un millón de calorías. (Polo. N, 2010)

### **2.2.10. Alimento comercial balanceado (concentrado).**

Son aquellos de origen animal y vegetal y que pueden ser proteicos o energéticos pueden estar contenidos en frutos, granos, subproductos de procesamiento de grano o en alimentos basados en harinas de algunos animales como la harina de pescado. Generalmente son menos voluminosos y presentan una mejor digestibilidad y valor nutritivo. Los granos de cereales son ricos en carbohidratos, proteínas y lípidos dependiendo de la especie (gramínea o leguminosa). (Manual del protagonista, 2016.)

### **2.2.11. Ensilaje.**

Es una técnica de conservación de forraje verde mediante la fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno), que permite mantener y conservar la calidad nutritiva del pasto verde durante mucho tiempo. Es una forma de garantizar

alimento para los rumiantes durante el verano. La conservación de forraje se logra por medio de una fermentación láctica espontánea bajo condiciones anaeróbicas. Las bacterias productoras de ácido láctico fermentan los carbohidratos solubles del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción y permite retener la mayor parte de nutrientes del forraje verde con una buena aceptación por parte del ganado. (Manual del protagonista, 2016.)

#### **2.2.13. Henolaje.**

El henolaje es un método de conservación intermedio entre la henificación y el ensilaje, donde la humedad del forraje cortado a conservar a partir de un pre secado, hasta llegar a aproximadamente el 50 % de humedad; posteriormente se realiza la fermentación anaerobia. El producto final es de consistencia semi-húmedo, y puede tener dos presentaciones: Silopack (1 rollo) o Siloline (más de un rollo), los cuales pueden ser conservados durante un tiempo prolongado. (Anzola. H, Duran. H, 2012).

#### **2.2.14. Heno.**

Es el proceso de conservación mediante el cual el pasto o forraje es secado al sol para reducir la cantidad de agua de sus tallos y hojas por evaporación, hasta llegar del 15 al 20% de humedad.

El contenido de materia seca del heno debe oscilar en los rangos antes mencionados, para poder almacenarse sin temor al desarrollo de los microorganismos. Es muy importante hacer la prueba de campo de humedad al pasto antes de iniciar el proceso de elaboración de heno. Para esto se toma un manojo de pasto y se retuerce y se dobla para ver si se quiebra o está flexible. Cuando el pasto se nota seco pero flexible es el momento de levantarlo de campo y almacenarlo. (Manual del protagonista, 2016.)

### **2.2.15. Análisis bromatológico.**

El análisis bromatológico determina la calidad de los alimentos por los componentes nutricionales que forman parte de la dieta alimenticia tales como: Proteína en microkjedhal y macrokjedhal Cenizas Fibra cruda Extracto etéreo Carbohidratos Humedad Calcio, Magnesio, Fósforo y Potasio Micro-elementos: Hierro, Cobre, Manganeseo y Zinc Pared Celular o Fibra Neutro detergente Fibra Acido detergente. (Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal, 2011)

## **2.3 MARCO LEGAL**

En la producción de forrajes usados en la alimentación de animales, es importante tener en cuenta la normatividad existente para su producción, comercialización y uso, que son emanadas desde la institucionalidad de estado y los organismos competentes. Aquí la normatividad en referencia:

### **2.3.1. RESOLUCION 1056 (17 DE ABRIL DE 1996).**

Que corresponde al instituto agropecuario ICA, ejercer el control técnico de los insumos agropecuarios. Toda persona natural o jurídica que se dedique a la producción, importación, control de calidad y comercialización de insumos pecuarios, deberá registrarse en el ICA y cumplir las normas contenidas en la legislación vigente.

### **3. HIPOTESIS**

#### **3.1. HIPOTESIS NULA.**

H0 La evaluación del rendimiento productivo del forraje verde hidropónico (FVH), de tres variedades de avena forrajera (*Avena Sativa*), como son Cayuse, Ever Leaf, y Avena Nativa con tres niveles de ferti-riego son semejantes en producción de biomasa, calidad nutricional y costos de producción.

#### **3.2. HIPOTESIS ALTERNATIVA.**

Ha La evaluación del rendimiento productivo del forraje verde hidropónico (FVH), de tres variedades de avena forrajera (*Avena Sativa*), como son Cayuse, Ever Leaf, y Avena Nativa con tres niveles de ferti-riego son diferentes en producción de biomasa, calidad nutricional y costos de producción.

## **4. VARIABLES**

### **4.1. Variables Dependientes.**

Peso total biomasa, valor nutricional y costos de producción.

### **4.2. Variables Independientes.**

Las variables independientes del trabajo aplicado a que se sometieron los diferentes tratamientos con las variedades de avena forrajera (*Avena sativa*) fueron:

- Bandejas
- Medio ambiente (temperatura, humedad relativa)
- Niveles y calidad del ferti-riego
- Calidad de las semillas de acuerdo al tratamiento y variedad
- Manejo del experimento (las mismas personas y condiciones)
- Condiciones agroclimáticas de la región.



## **5. MARCO METODOLOGICO**

### **5.1. DISEÑO ESTADISTICO.**

El trabajo que se desarrollo es **experimental**, ya que se buscó establecer cuál fue la mejor variedad de avena en Kg de biomasa, efecto nivel ferti-riego y el valor nutricional de las tres variedades de avena cultivadas bajo la técnica de forraje verde hidropónico teniendo en cuenta la diferencia de cada una.

El método de investigación que se realizó, fue bloques completos al azar.

### **5.2. MARCO GEOGRÁFICO**

El presente proyecto se llevó a cabo en el municipio de Monguít correspondiente a la provincia del Sugamuxi limitando por el oriente con el municipio de Mongua, por el occidente con el municipio de Sogamoso, por el norte con el municipio de Tópaga y por el sur con el municipio de Sogamoso. Tiene una extensión total de 80 km<sup>2</sup> así: 11 Km<sup>2</sup> en área urbana y 69 Km<sup>2</sup> en área rural. La altitud del municipio es de 2900 msnm con una temperatura media de 12°C y una temperatura máxima de 16°C. El proyecto se ubicó en la granja del Colegio Institución Educativa Técnico de Monguít Boyacá, ubicado en el casco urbano del municipio Monguít.

### **5.3. DEFINICION DE LA POBLACION O MUESTRA.**

Se tomaron como unidades experimentales tres variedades de avena (*Avena Sativa*) las cuales fueron sometidas a los diferentes tratamientos cada una. Las semillas de la variedad Ever Leaf y Cayuse se obtuvieron en una tienda agropecuaria las cuales están certificadas por el ICA y la avena nativa “sin certificar” la cual fue conseguida en un granero de la ciudad de Duitama.

### **5.3.1. población – descripción – importancia.**

Se seleccionaron tres variedades de avena forrajera (*Avena Sativa*) de clima frío, dos variedades sometidas a un proceso de selección y conservación y la otra variedad en condiciones naturales sin ser sometida a conservación y selección. Se explica de esta población porque es una semilla de gran uso para la producción de forraje para la alimentación animal ya que es asequible y con buenos resultados nutricionales en sus diferentes métodos de producción y conservación en cuanto a su transformación.

### **5.3.2. Muestra-Tratamientos-Tamaños-Diseño- Justificación de la Muestra.**

Se utilizó el método de investigación bloques completos al azar tal como se describió en el proyecto.

**Muestra** se tomaron para la fase experimental 3 variedades de avena (*Avena Sativa*) de tipo comercial con diferentes características citadas anteriormente.

**Tratamientos** las tres variedades de avena forrajera (*Avena Sativa*) como son Cayuse, Ever Leaf y Nativa se distribuyeron al azar, en cuatro grupos experimentales con 3Kg de semilla para cada bandeja, las cuales fueron sometidas a los diferentes tratamientos y un mismo manejo para cada grupo. Que a continuación se describe.

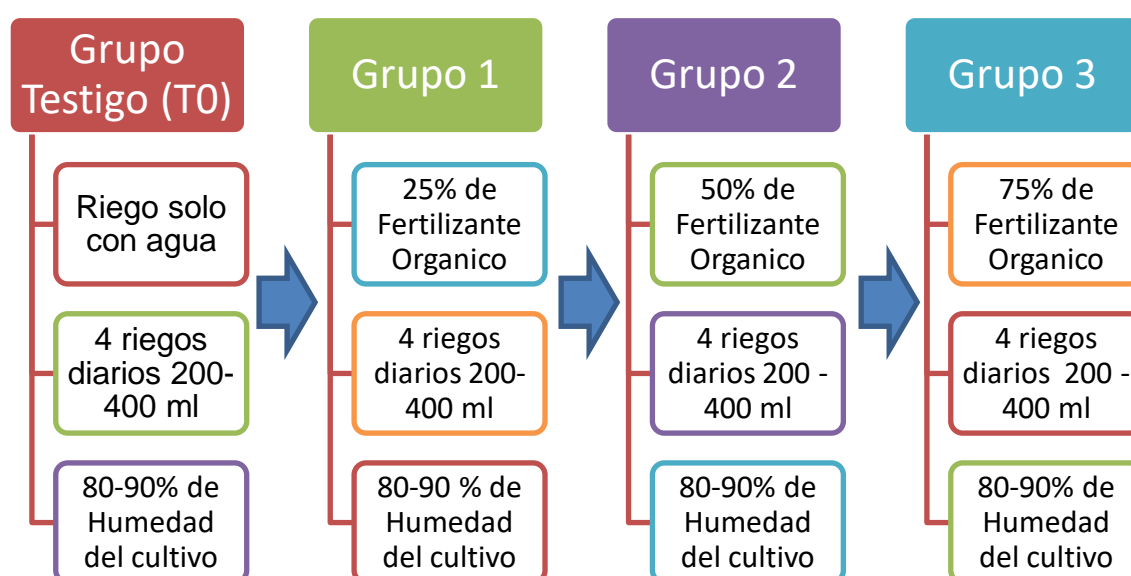
**Grupo testigo (T0)** Tres variedades de avena cada una en una bandeja con 3 kilogramos de semillas debidamente tratadas, este grupo se trabajó con tres riegos diarios sin ningún tipo de fertilización, se mantuvo una humedad de 80-90% en cada bandeja del cultivo.

**Grupo experimental (T1)** Tres variedades de avena cada una en una bandeja con 3 kilogramos de semillas debidamente tratadas, este grupo se manejó con tres riegos diarios con el 25% de fertilizante adicionado en el primer riego del día, se mantuvo una humedad de 80-90% en cada bandeja del cultivo.

**Grupo experimental (T2)** Tres variedades de avena cada una en una bandeja con 3 kilogramos de semillas debidamente tratadas, este grupo se manejó con tres riegos diarios con el 50% de fertilizante adicionado en el primer riego del día, se mantuvo una humedad de 80-90% en cada bandeja del cultivo.

**Grupo experimental (T3)** Tres variedades de avena cada una en una bandeja con 3 kilogramos de semillas debidamente tratadas, este grupo se manejó con tres riegos diarios con el 75% de fertilizante adicionado en el primer riego del día, se mantuvo una humedad de 80-90% en cada bandeja del cultivo.

**Gráfica 2.** Diagrama manejo de los tratamientos.



**Fuente:** Avendaño, 2016

## **5.4. Fuentes de Información.**

### **5.4.1. Fuentes Primarias.**

La investigación obtenida fue conseguida al análisis constante en el proceso del cultivo, registros de campo y sugerencias y consejos de personas con experiencias en el tema.

### **5.4.2. Fuentes secundarias.**

Para la realización de la propuesta del proyecto fue de gran ayuda buscar información de investigaciones realizadas, textos y manuales específicamente del tema en internet.

## **5.5. Materiales de campo.**

- 25 libras de avena forrajera variedad Ever Leaf.
- 25 libras de avena forrajera variedad Cayuse
- 25 libras de avena forrajera Nativa.
- Fertilizante liquido Humus de lombriz orgánico San Rafael
- Agua
- Bomba de riego manual
- Termómetro ambiental: Temperatura – Humedad
- Termómetro de punzón: Temperatura – Humedad
- Plástico Invernadero
- Palos de Madera
- Grapas
- Bandejas
- Balanza
- Laboratorio de nutrición animal UPTC.

#### **5.5.1. Material de apoyo.**

Registros de manejo, báscula, cámara fotográfica, overol y botas.

#### **5.5.2. Instrumentos de recolección de datos.**

Dentro de los instrumentos de recolección de datos se realizó un registro de apuntes para el seguimiento diario del cultivo, encontrando datos del día, hora del riego, cantidad de agua por cada bandeja, cantidad de fertilizante, temperatura y humedad del ambiente este se realizó por medio de un termómetro para medio ambiente, temperatura y humedad del cultivo para antes del riego y después del riego, este se realizó por medio de un termómetro de punzón y por ultimo observaciones.

### **5.6. Técnica de recolección de datos.**

Para la recolección de los resultados se utilizaron registros diseñados previamente para la toma de los datos significativos al igual que fotografías como evidencias.

#### **5.6.1. Técnicas de Campo.**

La finca donde se llevó a cabo el proyecto fue en la granja del colegio Institución Educativa Técnica de Monguí, que cuenta con producción agrícola produciendo papa, hortalizas, quinua, uchuva y mora. En la producción pecuaria con conejos y un pequeño invernadero donde se realizó el proyecto.

Para el proyecto que se realizó con la técnica de forraje verde hidropónico para evaluar tres variedades de avena se hizo un seguimiento de 15 días para eva-

luación de rendimiento de la producción de biomasa y calidad nutricional, sometidas en cuatro tratamientos escritos anteriormente. Se contó con la colaboración de cuatro estudiantes del colegio anteriormente nombrado, los cuatro estudiantes fueron capacitados para el apoyo y la asistencia en los horarios establecidos.

Se realizó una debida desinfección solo a la avena forrajera nativa al 1% con hipoclorito ya que esta venia sin certificación y ningún tipo de conservación retirando semillas flotantes y basuras como tamos y hojas secas. Como segundo paso se realizó la hidratación “embuchamiento” por 24 horas al cabo de 12 horas se le retiro el agua, se dejó una hora de aireación y de nuevo se dejó en agua por otras 12 horas.

Se sembró 3 Kg de semilla sin sobrepasar 1,5 cm de grosor en cada bandeja las cuales fueron construidas con palos de madera y plástico calibre 6, con medidas de 50cm x 80cm. Se colocó un costal por encima hasta la germinación (día 5) para guardar humedad y temperatura.

Desde el día 1 se empezó el riego 3-4 veces al día dependiendo de la humedad y el clima, al día 5 se empezó adicionar el fertilizante Humus de lombriz orgánico en el primer riego hasta el día 11, tres días antes de la cosecha para que no fuera a quedar ningún tipo de residuo ya que fue aprovechado por animales.

El día 12, 13 y 14 el forraje verde hidropónico fue regado con solo agua tres veces al día, el día 15 fue la cosecha donde se realizó el peso en Kg de la producción de la biomasa por cada bandeja y se enviaron las respectivas muestras al laboratorio de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), para análisis bromatológicos.

**Gráfica 3.** Desinfección y retiro de impurezas para la avena nativa.



**Fuente:** Avendaño, 2016

Este proceso se le realizó solo a la variedad Nativa ya que esta avena no fue sometida a procesos de clasificación y conservación como las demás variedades, se le retiro gran cantidad de impurezas como tamos y granos que no llegaron a su maduración completa, como se observa en la gráfica.

**Gráfico 4.** Embuchamiento.



**Fuente:** Avendaño, 2016

Las tres variedades de avena se dejaron en agua durante 12 horas se retiró el agua, se dejó una hora de aireación y de nuevo se dejó en agua durante 12 horas más.

#### **Gráfica 5. Bandejas**





**Fuente:** Avendaño, 2016

Las bandejas fueron elaboradas de manera artesanal, con madera y plástico transparente calibre 7, con medidas de 50cm de ancho y 80cm de largo, fueron identificadas cada una para su respectivo tratamiento.

#### **Gráfica 6. Siembra.**



**Fuente:** Avendaño, 2016

Después del embuchamiento se sembraron 3 kilogramos de semilla de avena en cada bandeja, distribuyendo homogéneamente las semillas y dejándolas de 1.5 cm de grosor.

#### **Gráfico 7. Riego.**



**Fuente:** Avendaño, 2016

Los riegos se realizaron 4 veces al día así: a las 07:00 am, 10:00 am, 02:00 pm y 05:00pm. Con promedio de 300 - 400ml de agua en cada riego, por medio de una bomba regadera manual.

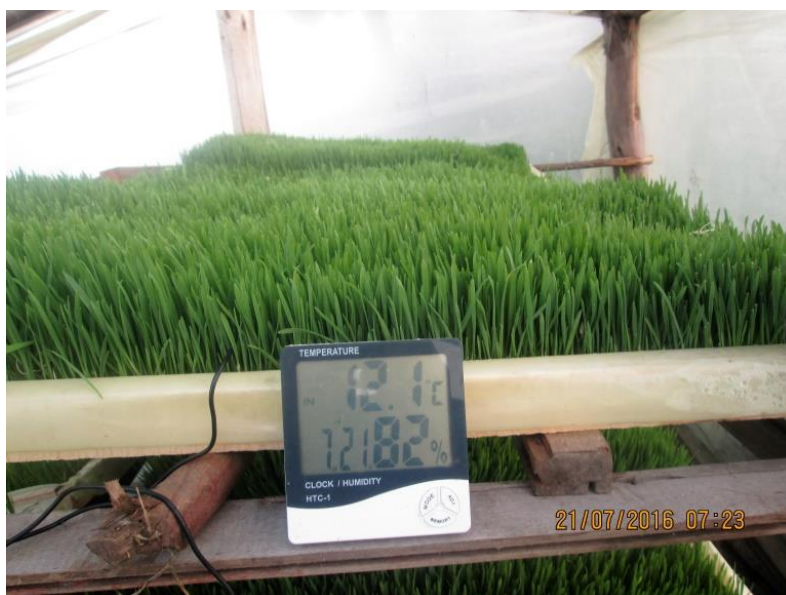
#### **Gráfica 7. Recubrimiento.**



**Fuente:** Avendaño, 2016

Se recubrieron las bandejas con costales y bolsas negras, para evitar luminosidad y estimular la germinación de la semilla durante los primeros días.

#### **Gráfica 8. Toma de datos.**



**Fuente:** Avendaño, 2016

Por medio de un termo-higrómetro se midió humedad y temperatura del cultivo y con el termómetro ambiental se midió temperatura y humedad en el ambien-

te, estos datos fueron escritos en los registros diseñados por el autor, como se puede ver en la siguiente gráfica.

Gráfica 10. Registros

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de las Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente  
ECAPMA

Programa: Zootecnia

Proyecto Aplicado: Evaluación del rendimiento productivo (biomasa) y valor nutricional a tres variedades de Avena Forrajera (avena sativa), Cayuse, Ever leaf y Silvestre, con tres niveles de fertilizante bajo la técnica de forraje verde hidropónico, en el Municipio de Monguí, Boyacá.

REGISTRO DE FERTI-RIEGO

Fertilizante: Hueros Jambaz 2 Degrad Fecha de Siembra: 07-07  
Variedad: CAYUSE hoja 3 de 3  
Tratamiento: 25<sup>o</sup>/6

Fecha	Hora	H2O ml	Fertilizante ml	Ambiente		< Cultivo		> Cultivo		Responsable
				T	H	T	H	T	H	
07-07-16	06:45	400		21.5	30					Isabela A.
08-07-16	06:45	400		21.5	30					Isabela A.
09-07-16	06:30	400		21.5	30					Isabela A.
10-07-16	06:10	200				16.6	97			Isabela A.
11-07-16	06:20	400								Isabela A.
12-07-16	06:30	400								Isabela A.
13-07-16	06:30	400								Isabela A.
14-07-16	06:30	400								Isabela A.
15-07-16	06:30	400								Isabela A.
16-07-16	06:30	400								Isabela A.
17-07-16	06:30	400								Isabela A.
18-07-16	06:30	400								Isabela A.
19-07-16	06:30	400								Isabela A.
20-07-16	06:30	400								Isabela A.
21-07-16	06:30	400								Isabela A.
22-07-16	06:30	400								Isabela A.
23-07-16	06:30	400								Isabela A.
24-07-16	06:30	400								Isabela A.
25-07-16	06:30	400								Isabela A.
26-07-16	06:30	400								Isabela A.
27-07-16	06:30	400								Isabela A.
28-07-16	06:30	400								Isabela A.
29-07-16	06:30	400								Isabela A.
30-07-16	06:30	400								Isabela A.
31-07-16	06:30	400								Isabela A.
01-08-16	06:30	400								Isabela A.
02-08-16	06:30	400								Isabela A.
03-08-16	06:30	400								Isabela A.
04-08-16	06:30	400								Isabela A.
05-08-16	06:30	400								Isabela A.
06-08-16	06:30	400								Isabela A.
07-08-16	06:30	400								Isabela A.
08-08-16	06:30	400								Isabela A.
09-08-16	06:30	400								Isabela A.
10-08-16	06:30	400								Isabela A.
11-08-16	06:30	400								Isabela A.
12-08-16	06:30	400								Isabela A.
13-08-16	06:30	400								Isabela A.
14-08-16	06:30	400								Isabela A.
15-08-16	06:30	400								Isabela A.
16-08-16	06:30	400								Isabela A.
17-08-16	06:30	400								Isabela A.
18-08-16	06:30	400								Isabela A.
19-08-16	06:30	400								Isabela A.
20-08-16	06:30	400								Isabela A.
21-08-16	06:30	400								Isabela A.
22-08-16	06:30	400								Isabela A.
23-08-16	06:30	400								Isabela A.
24-08-16	06:30	400								Isabela A.
25-08-16	06:30	400								Isabela A.
26-08-16	06:30	400								Isabela A.
27-08-16	06:30	400								Isabela A.
28-08-16	06:30	400								Isabela A.
29-08-16	06:30	400								Isabela A.
30-08-16	06:30	400								Isabela A.
31-08-16	06:30	400								Isabela A.
01-09-16	06:30	400								Isabela A.
02-09-16	06:30	400								Isabela A.
03-09-16	06:30	400								Isabela A.
04-09-16	06:30	400								Isabela A.
05-09-16	06:30	400								Isabela A.
06-09-16	06:30	400								Isabela A.
07-09-16	06:30	400								Isabela A.
08-09-16	06:30	400								Isabela A.
09-09-16	06:30	400								Isabela A.
10-09-16	06:30	400								Isabela A.
11-09-16	06:30	400								Isabela A.
12-09-16	06:30	400								Isabela A.
13-09-16	06:30	400								Isabela A.
14-09-16	06:30	400								Isabela A.
15-09-16	06:30	400								Isabela A.
16-09-16	06:30	400								Isabela A.
17-09-16	06:30	400								Isabela A.
18-09-16	06:30	400								Isabela A.
19-09-16	06:30	400								Isabela A.
20-09-16	06:30	400								Isabela A.
21-09-16	06:30	400								Isabela A.
22-09-16	06:30	400								Isabela A.
23-09-16	06:30	400								Isabela A.
24-09-16	06:30	400								Isabela A.
25-09-16	06:30	400								Isabela A.
26-09-16	06:30	400								Isabela A.
27-09-16	06:30	400								Isabela A.
28-09-16	06:30	400								Isabela A.
29-09-16	06:30	400								Isabela A.
30-09-16	06:30	400								Isabela A.
01-10-16	06:30	400								Isabela A.
02-10-16	06:30	400								Isabela A.
03-10-16	06:30	400								Isabela A.
04-10-16	06:30	400								Isabela A.
05-10-16	06:30	400								Isabela A.
06-10-16	06:30	400								Isabela A.
07-10-16	06:30	400								Isabela A.
08-10-16	06:30	400								Isabela A.
09-10-16	06:30	400								Isabela A.
10-10-16	06:30	400								Isabela A.
11-10-16	06:30	400								Isabela A.
12-10-16	06:30	400								Isabela A.
13-10-16	06:30	400								Isabela A.
14-10-16	06:30	400								Isabela A.
15-10-16	06:30	400								Isabela A.
16-10-16	06:30	400								Isabela A.
17-10-16	06:30	400								Isabela A.
18-10-16	06:30	400								Isabela A.
19-10-16	06:30	400								Isabela A.
20-10-16	06:30	400								Isabela A.
21-10-16	06:30	400								Isabela A.
22-10-16	06:30	400								Isabela A.
23-10-16	06:30	400								Isabela A.
24-10-16	06:30	400								Isabela A.
25-10-16	06:30	400								Isabela A.
26-10-16	06:30	400								Isabela A.
27-10-16	06:30	400								Isabela A.
28-10-16	06:30	400								Isabela A.
29-10-16	06:30	400								Isabela A.
30-10-16	06:30	400								Isabela A.
31-10-16	06:30	400								Isabela A.
01-11-16	06:30	400								Isabela A.
02-11-16	06:30	400								Isabela A.
03-11-16	06:30	400								Isabela A.
04-11-16	06:30	400								Isabela A.
05-11-16	06:30	400								Isabela A.
06-11-16	06:30	400								Isabela A.
07-11-16	06:30	400								Isabela A.
08-11-16	06:30	400								Isabela A.
09-11-16	06:30	400								Isabela A.
10-11-16	06:30	400								Isabela A.
11-11-16	06:30	400								Isabela A.
12-11-16	06:30	400								Isabela A.
13-11-16	06:30	400								Isabela A.
14-11-16	06:30	400								Isabela A.
15-11-16	06:30	400								Isabela A.
16-11-16	06:30	400								Isabela A.
17-11-16	06:30	400								Isabela A.
18-11-16	06:30	400								Isabela A.
19-11-16	06:30	400								Isabela A.
20-11-16	06:30	400								Isabela A.
21-11-16	06:30	400								Isabela A.
22-11-16	06:30	400								Isabela A.
23-11-16	06:30	400								Isabela A.
24-11-16	06:30	400								Isabela A.
25-11-16	06:30	400								Isabela A.
26-11-16	06:30	400								Isabela A.
27-11-16	06:30	400								Isabela A.
28-11-16	06:30	400								Isabela A.
29-11-16	06:30	400								Isabela A.
30-11-16	06:30	400								Isabela A.
01-12-16	06:30	400								Isabela A.
02-12-16	06:30	400								Isabela A.
03-12-16	06:30	400								Isabela A.
04-12-16	06:30	400								Isabela A.
05-12-16	06:30	400								Isabela A.
06-12-16	06:30	400								Isabela A.
07-12-16	06:30	400								Isabela A.
08-12-16	06:30	400								Isabela A.
09-12-16	06:30	400								Isabela A.
10-12-16	06:30	400								Isabela A.
11-12-16	06:30	400								Isabela A.
12-12-16	06:30	400								Isabela A.
13-12-16	06:30	400								Isabela A.
14-12-16	06:30	400								Isabela A.
15-12-16	06:30	400								Isabela A.
16-12-16	06:30	400								Isabela A.
17-12-16	06:30	400								Isabela A.
18-12-16	06:30	400								Isabela A.
19-12-16	06:30	400								Isabela A.
20-12-16	06:30	400								Isabela A.
2										



**Fuente:** Avendaño, 2016

La respectiva fertilización o solución nutritiva se realizó con humus de lombriz san Rafael. Dosificando la cantidad correspondiente mediante una jeringa así: para el tratamiento uno (T1- 25%) con 1,65 ml, tratamiento dos (T2 - 50%) con 3,3 ml y para el tratamiento 3 (T3 - 75%) con 4,9 ml. Aplicado solo una vez al día, en este caso fue aplicado en la hora de las 10:00 am.

**Gráfica 12. Seguimiento.**





**Fuente:** Avendaño, 2016

El seguimiento se realizó por medio de los registros (como aparece en la gráfica N° 10), los termómetros y observación directa, en algunas bandejas que hubo presencia de hongos.

**Gráfica 13.** Resultados.



**Fuente:** Avendaño, 2016

A primera hora del día 15, se procedió a pesar los colchones de las bandejas

de FVH, para hacer comparativos de producción de biomasa y altura de cada una de las bandejas

**Gráfica 14.** Toma de muestras.



**Fuente:** Avendaño, 2016

Se depositó un kilogramo de muestra de cada bandeja de FVH en bolsa hermética, identificada adecuadamente para llevar al laboratorio de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC., donde se realizaron los análisis bromatológicos.

## **5.7. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.**

**Proceso de Clasificación Selección y Tabulación de Información:** para la organización de los datos se prescribieron los resultados para su respectivo análisis estadístico.

**Análisis Analítico y Estadístico:** para este trabajo aplicado se empleó el análisis promedio para su respectiva interpretación.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las siguientes tablas y graficas muestran los resultados de la evaluación productiva y nutricional de las tres variedades de avena forrajera (*Avena Sativa*), Cayuse, Ever Leaf y Nativa, donde se analizan e interpretan los diferentes datos y su comportamiento en los diferentes tratamientos.

### 6.1 Producción de biomasa.

**Tabla 12.** Producción promedio de biomasa total para cada uno de los tratamientos.

Variedad	Peso Kg			
	T0 (0%)	T1 (25%)	T2 (50%)	T3 (75%)
Nativa	5,6	5,1	5,76	5,68
Cayuse	6	6	6,6	5,52
Ever Leaf	6,2	4,48	6,06	6,24
<b>Promedio</b>	<b>5,9</b>	<b>5,2</b>	<b>6,1</b>	<b>5,8</b>

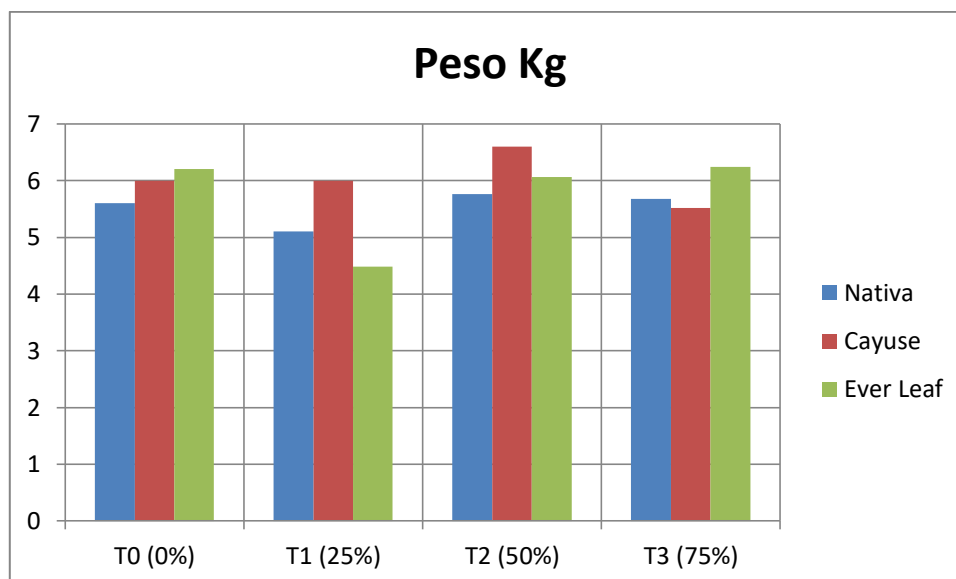
Fuente: Avendaño, 2017

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla, se puede interpretar que el mejor tratamiento que se ajustó para buen rendimiento de producción de biomasa fue el tratamiento dos (T2) ya que obtuvo un promedio de 6,126 Kg siendo mayor que los demás resultados.

En la siguiente gráfica se ve claramente el comportamiento de los tratamientos

**Gráfica 15.** Análisis comparativo de producción de biomasa total por tratamiento.





**Fuente:** Avendaño, 2017. .

**Tabla 13.** Producción de altura promedio en centímetros para cada uno de los tratamientos.

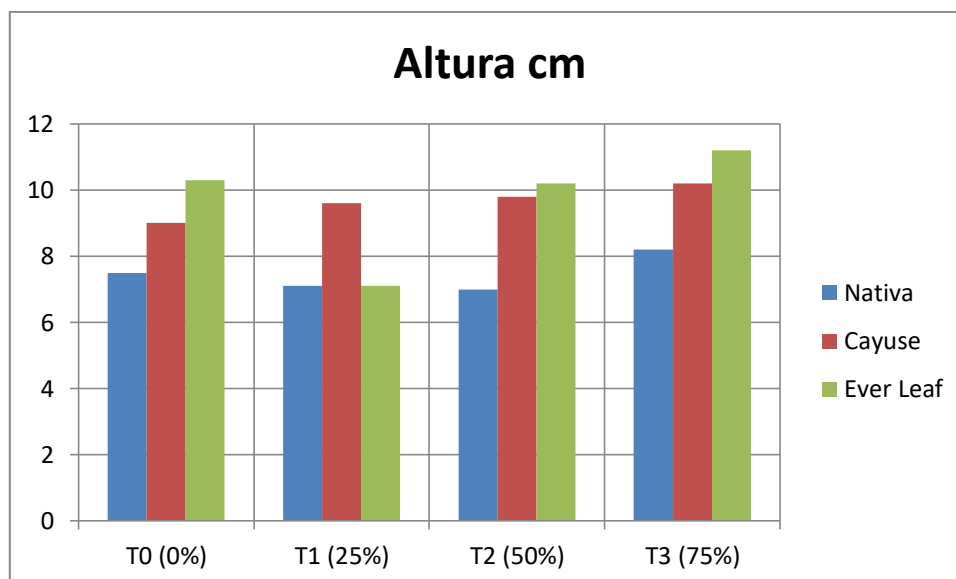
	Altura cm			
Variedad	T0 (0%)	T1 (25%)	T2 (50%)	T3 (75%)
Nativa	7,5	7,1	7	8,2
Cayuse	9	9,6	9,8	10,2
Ever Leaf	10,3	7,1	10,2	11,2
<b>Promedio</b>	<b>8,9</b>	<b>7,9</b>	<b>9,0</b>	<b>9,9</b>

**Fuente:** Avendaño, 2017.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla, se demuestra que a mayor incremento de la solución nutritiva (ferti – riego) es mayor la altura de la planta.

En la siguiente gráfica se percibe claramente el ascenso de la altura de la planta en cada uno de los tratamientos.

**Gráfica 16.** Producción de altura promedio en centímetros para cada uno de los tratamientos.



Fuente: Avendaño, 2017

**Tabla 14.** % Materia Seca.

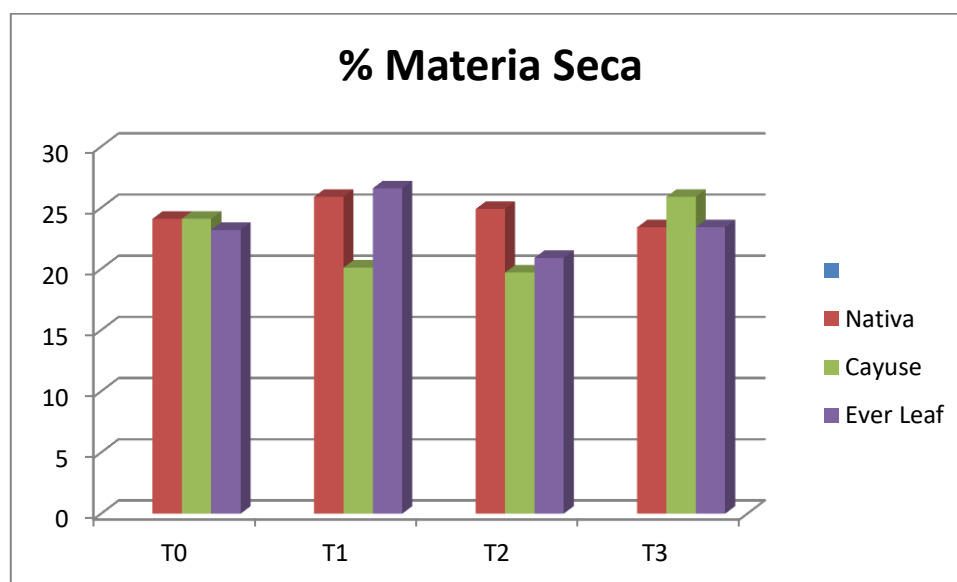
Variedad	T0	T1	T2	T3	Promedio
Nativa	24,1	25,9	24,9	23,4	24,57
Cayuse	24,1	20,1	19,7	25,9	22,45
Ever Leaf	23,2	26,6	20,9	23,4	23,52
Promedio	23,8	24,2	21,8	24,2	

Fuente: Avendaño, 2017.

La materia seca es todo producto que no tiene humedad. El forraje verde hidropónico (FVH) es un pasto tierno y por ende tiene una mayor cantidad de agua y menor cantidad de materia seca, en este caso la suplementación con FVH a ovinos en cualquier etapa de producción es óptima.

Según la tabla de datos los resultados del porcentaje de Materia Seca fueron homogéneos, esto quiere decir que el nivel de ferti-riego no intervino en este dato. En la siguiente grafica se puede apreciar claramente.

**Grafica 17. % Materia Seca**



**Fuente:** Avendaño, 2017

**Tabla 15. % Cenizas.**

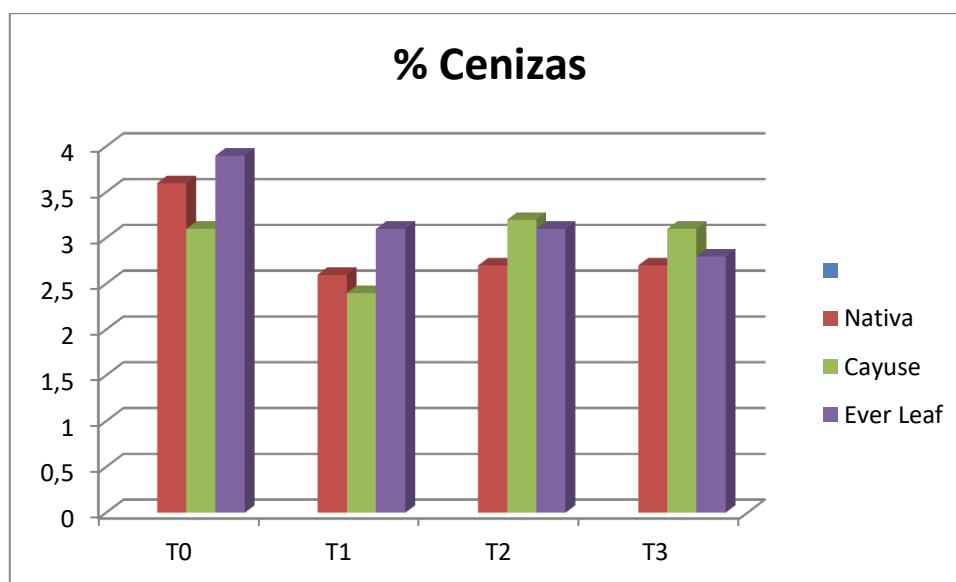
Variedad	T0	T1	T2	T3	Promedio
Nativa	3,6	2,6	2,7	2,7	2,9
Cayuse	3,1	2,4	3,2	3,1	2,95
Ever Leaf	3,9	3,1	3,1	2,8	3,22
Promedio	3,5	2,7	3,0	2,9	

**Fuente:** Avendaño, 2017.

Partiendo de los datos de la tabla se puede interpretar que el tratamiento testigo, fue el mejor en promedio esto quiere decir que el riego con la solución nutritiva (Ferti-riego) no fue favorable ya que en la aplicación del fertilizante se descende el % de cenizas.

En la siguiente grafica se puede apreciar claramente el comportamiento de los tratamientos y la conducta de cada una de las variedades de avena.

**Gráfica 18.** % de Cenizas.



**Fuente:** Avendaño, 2017

**Tabla 16.** % de Proteína Cruda.

Variedad	T0	T1	T2	T3	Promedio
<b>Nativa</b>	10,1	13,3	12,5	13,2	12,27
<b>Cayuse</b>	10,5	8,0	7,7	14,7	10,22
<b>Ever Leaf</b>	15,7	13,6	13,3	14,2	14,2
<b>Promedio</b>	12,1	11,6	11,2	14	

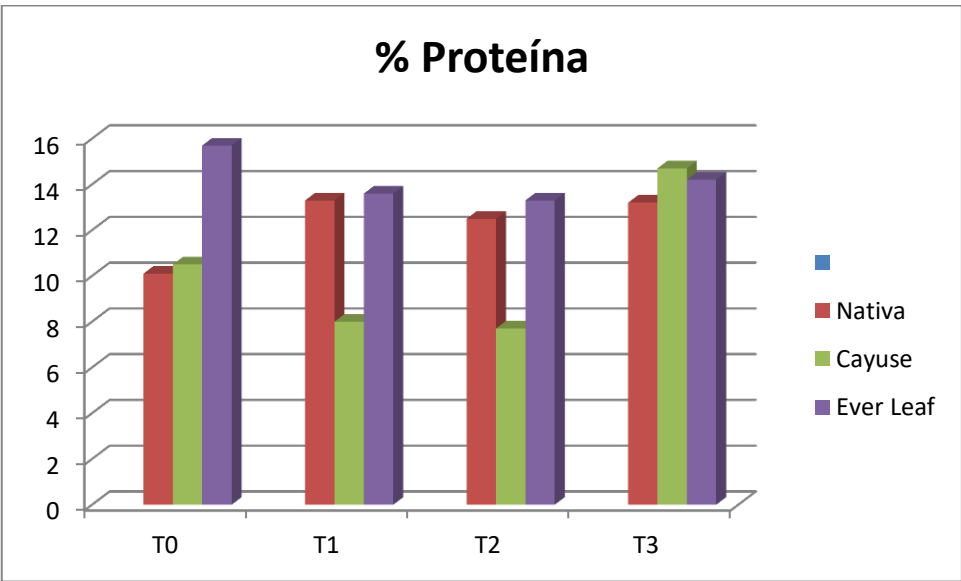
**Fuente:** Avendaño, 2017.

La proteína proporciona a los rumiantes un nivel que permite el desarrollo de la micro flora ruminal y la adecuada absorción de aminoácidos a nivel del intestino; el forraje verde hidropónico contiene un valor proteínico favorable y al ser ingerido, las bacterias del rumen lo degradan más fácil y rápido sin gastar

energía ya que es un forraje tierno y desde luego la digestión es más rápida. Teniendo en cuenta los datos de la tabla se ve claramente que el mejor tratamiento para el % de proteína fue el T3, desde luego se puede concluir que el contenido de PB aumento a lo que se incrementó el contenido de N de la solución nutritiva (fertilizante), el cual sería más viable a utilizar para la alimentación de los ovinos.

En la siguiente grafica se puede apreciar el comportamiento del tratamiento (T3), el cual el resultado fue homogéneo para las tres variedades.

**Gráfica 19.** % de Proteína cruda.



**Fuente:** Avendaño, 2017

**Tabla 17. % Fibra detergente Neutra (FDN).**

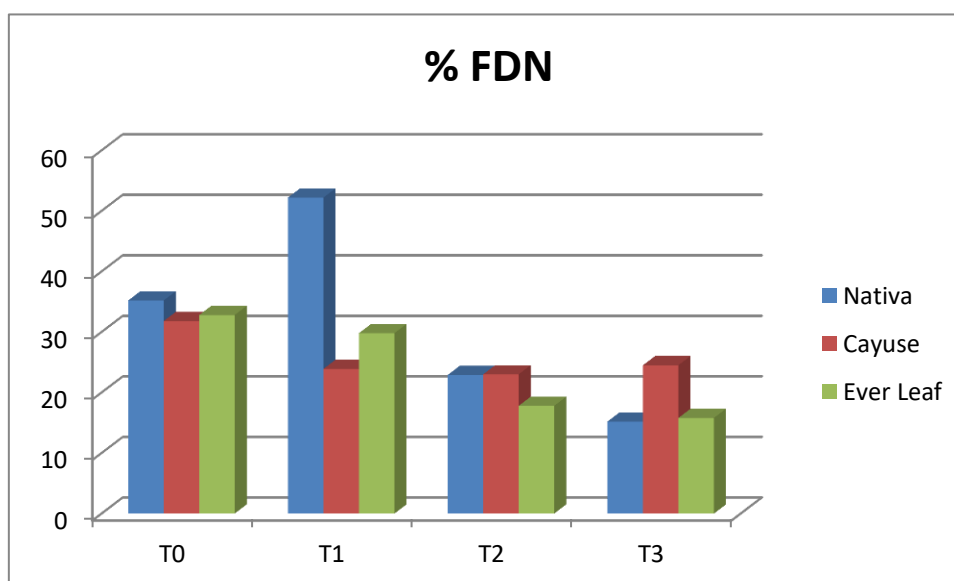
Variedad	T0	T1	T2	T3	Promedio
Nativa	35,2	52,2	22,9	15,2	31,4
Cayuse	31,8	23,9	23	24,5	25,8
Ever Leaf	32,8	29,8	17,8	15,8	24,1
Promedio	33,3	35,3	21,2	18,5	

**Fuente:** Avendaño, 2017.

Los resultados de Fibra Detergente Neutro del FVH son muy buenos, porque la FDN está relacionado con la madures del forraje, mientras más maduro sea el forraje más lenta es la digestión, debido al alto porcentaje de pared celular y desde luego menos consumo voluntario, que con el forraje verde hidropónico pasaría todo lo contrario, la digestión sería mucho más rápida. Según los resultados de la tabla se concluye, que la solución nutritiva si intervino para este caso, porque claramente se ve el descenso de los resultados promedios de cada tratamiento esto quiere decir que el mejor tratamiento fue el T3 con el 75% de la solución nutritiva.

La siguiente grafica muestra el comportamiento de cada tratamiento.

**Gráfica 20.** % de Fibra Detergente Neutra (FDN).



**Fuente:** Avendaño, 2017

**Tabla 18.** % Fibra Detergente Ácida (FDA).

<b>Variedad</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>Promedio</b>
<b>Nativa</b>	32,8	47,3	28,3	16,9	31,3
<b>Cayuse</b>	36,9	32,5	21,9	25,1	29,1
<b>Ever Leaf</b>	38,7	31,5	17,4	16,4	26
<b>Promedio</b>	36,1	37,1	22,5	19,5	

Fuente: Avendaño, 2017.

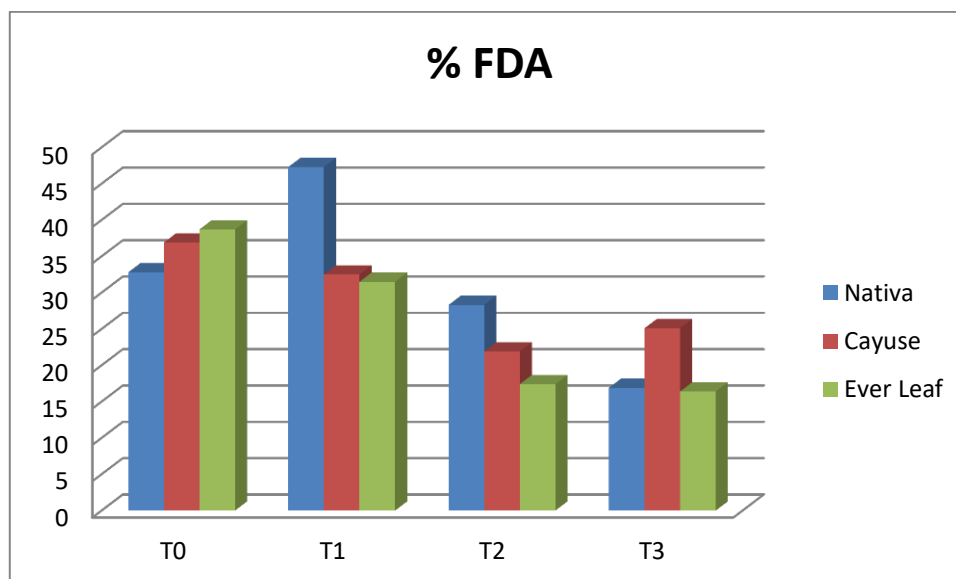
Fibra Detergente Ácida está relacionado con la digestibilidad y calidad del alimento, los datos arrojados por el análisis muestran un porcentaje promedio muy bueno lo cual quiere decir que no se tendría ningún problema para la suplementación de ovinos en cualquier etapa de producción y desarrollo, por que entre más bajos sean los valores indicaría menor presencia de lignina y más digestible para el animal.

De acuerdo con lo anterior, se puede considerar que el forraje verde hidropónico de avena es un forraje fresco apto para cualquier etapa de los ovinos ya que aumenta el porcentaje de la digestibilidad por sus bajos valores de FDA y FDN.

Según los resultados de la tabla se concluye, que la solución nutritiva si intervinó para este caso, porque se ve el descenso de los resultados promedios de cada tratamiento esto quiere decir que el mejor tratamiento fue el T3 con el 75% de la solución nutritiva.

La grafica muestra el descenso del resultado promedio en los tratamientos.

**Gráfica 21.** % de Fibra Detergente Ácida (FDA).



. Fuente: Avendaño, 2017

**Tabla 19.** % Fibra Cruda (F.C).

Variedad	T0	T1	T2	T3	Promedio
Nativa	14,8	10,8	14,4	19	14,8
Cayuse	14,3	13,5	15,2	10	13,3
Ever Leaf	20,6	18,4	12	16,5	16,9
Promedio	16,6	14,2	13,9	15,2	

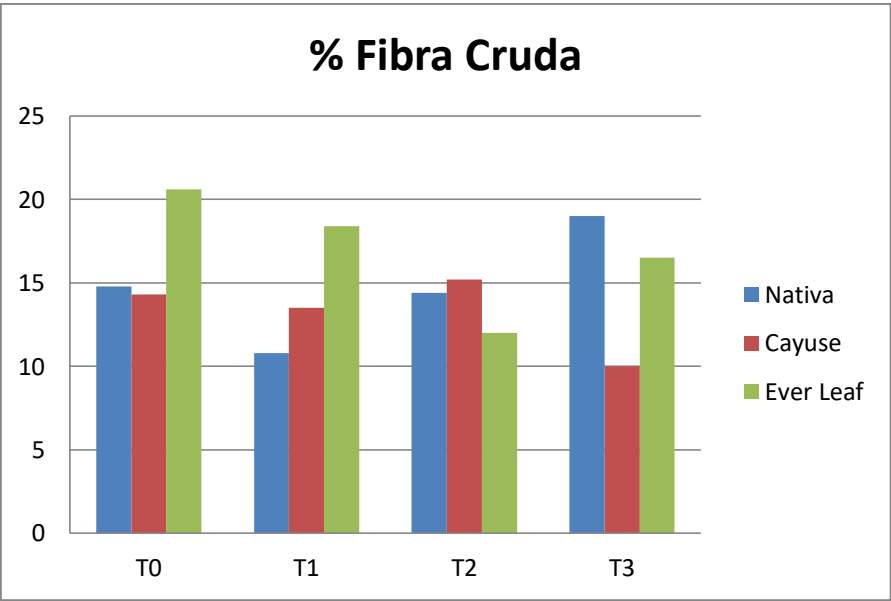
Fuente: Avendaño, 2017.

Se puede considerar que el forraje verde hidropónico de avena es un forraje fresco apto para cualquier etapa de los ovinos, ya que aumenta el porcentaje de la digestibilidad por sus bajos valores de fibra y menor grosor de la pared celular, desde luego es recomendable hacer la suplementación en compañía con alimentos fibrosos.

Los resultados de la tabla no muestran claramente un tratamiento el cual haya sobresalido, desde luego se concluye que el % de Fibra Cruda de las tres variedades de avena la solución nutritiva (ferti-riego) no intervino en los resultados.



**Gráfica 22.** % Fibra Cruda.



**Fuente:** Avendaño, 2017

**Tabla 20.** % Energía (E.E).

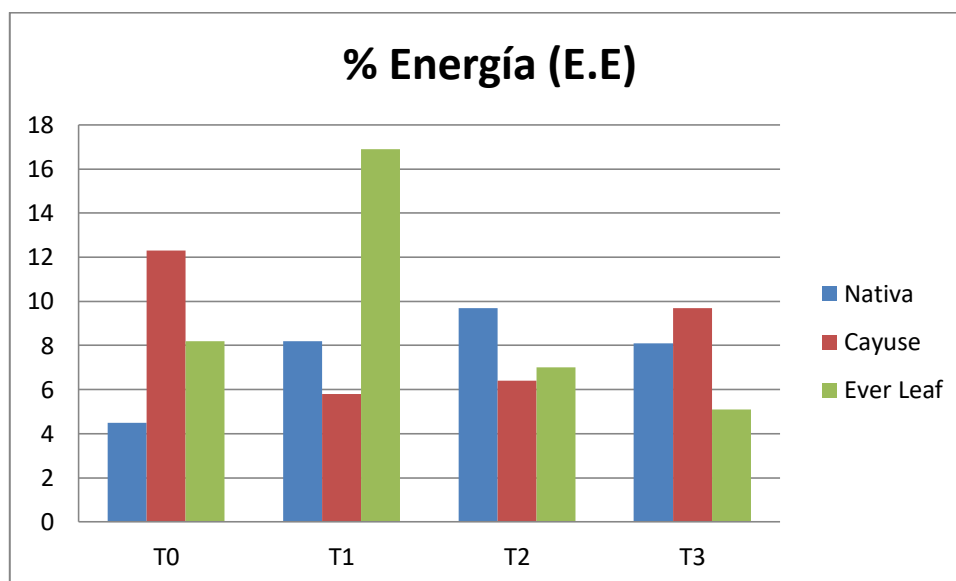
Variedad	T0	T1	T2	T3	Promedio
Nativa	4,5	8,2	9,7	8,1	7,6
Cayuse	12,3	5,8	6,4	9,7	8,6
Ever Leaf	8,2	16,9	7	5,1	9,3
Promedio	8,3	10,3	7,7	7,6	

Fuente: Avendaño, 2017.

Teniendo en cuenta que el forraje verde hidropónico es un forraje tierno y palatable, estudios demuestran el aumento del peso vivo que está relacionado con el consumo de proteína y energía por la ingesta de FVH y su alta digestibilidad. Partiendo de los datos obtenidos se concluye que no hay homogeneidad en los resultados de los diferentes tratamientos, desde luego se puede inferir que la solución nutritiva no intervino en los resultados.

La siguiente grafica se puede apreciar el comportamiento de los tratamientos y de cada una de las variedades.

**Gráfica 23.** % Energía.



Fuente: Avendaño, 2017

**Tabla 21.** Análisis estadístico de los contenidos nutricionales de las tres variedades de avena.

Tratamiento	Variedad	M.S	C	P	FDN	FDA	F	E	Biomasa Kg
<b>T0</b>	Nativa	24,1	3,6	10,1	35,2	32,8	14,8	4,5	5,6
	Cayuse	24,1	3,1	10,5	31,8	36,9	14,3	12,3	6
	Ever Leaf	23,2	3,9	15,7	32,8	38,7	20,6	8,2	6,2
<b>T1</b>	Nativa	25,9	2,6	13,3	52,2	47,3	10,8	8,2	5,1
	Cayuse	20,1	2,4	8	23,9	32,5	13,5	5,8	6
	Ever Leaf	26,6	3,1	13,6	29,8	31,5	18,4	16,9	4,48
<b>T2</b>	Nativa	24,9	2,7	12,5	22,9	28,3	14,4	9,7	5,76
	Cayuse	19,7	3,2	7,7	23	21,9	15,2	6,4	6,6
	Ever Leaf	20,9	3,1	13,3	17,8	17,4	12	7	6,06
<b>T3</b>	Nativa	23,4	2,7	13,2	15,2	16,9	19	8,1	5,68
	Cayuse	25,9	3,1	14,7	24,5	25,1	10	9,7	5,52
	Ever Leaf	23,4	2,8	14,2	15,8	16,4	16,5	5,1	6,24
	Total	282	36,3	146,8	325	345,7	180	101,9	69,24
	Media	23,52	3,03	12,23	27,08	28,81	14,96	8,49	5,77
	Mediana	23,8	3,1	13,25	24,2	29,9	14,6	8,15	5,88
	Moda	24,1	3,1	13,3				8,2	6
	Valor max	26,6	3,9	15,7	52,2	47,3	20,6	16,9	6,6
	Valor min	19,7	2,4	7,7	15,2	16,4	10	4,5	4,48
	Rango	6,9	1,5	8	37	30,9	10,6	12,4	2,12
	Varianza	5,15	0,18	6,65	105,9	93,6	10,5	11,8	0,32
Desviación estándar		2,27	0,42	2,58	10,29	9,68	3,25	3,43	0,56

Fuente: Avendaño. 2017.

Tabla 22. **Datos de registros de la Temperatura y Humedad del ambiente.**

Temperatura y Humedad Ambiental								
HORA	7:00 AM		10:00 AM		2:00 PM		5:00 PM	
DIA	T (°C)	H %	T (°C)	H %	T (°C)	H %	T (°C)	H %
1							21,1	61
2	11,5	70	21,1	60	24,4	52		
3	21,5	53	24	60	16,8	50		
4	14,6	74	18,6	73	29,2	34		
5	13,1	66	21,1	63	23,4	48	14,6	52
6	13,6	66	19	82	28	34	21,8	38
7	9,1	89	21,7	47	19	47	14,6	59
8	12,9	70	17,6	55	36,8	52	14,6	67
9	15,3	58	19,9	64	20,5	47	18,1	52
10	12,1	73	14,6	72	13,6	79	12,6	78
11	8,7	75	19,5	56	29	51	17,7	46
12	13,8	81	19,5	66	32,2	26	15,8	50
13	10,5	82	17	57	27,7	43	24,6	32
14	9,5	85			19,5	56		
Promedio	12,78	72,5	19,47	63	24,6	47,6	17,6	53,5

Fuente: Avendaño, 2017.

Los datos arrojados del termo-higrómetro ambiental para este registro fueron tomados antes de cada riego, los horarios de riego se establecieron teniendo en cuenta las condiciones medio ambientales de la región y por supuesto la humedad y temperatura del ambiente porque en las condiciones de producción de FVH, la humedad relativa ambiente es generalmente cercana al 100%. A medida que aumenta la temperatura mínima de germinación, el control del drenaje de las bandejas es básico para evitar excesos de humedad y la aparición de enfermedades provocadas por hongos. FAO. 2001.

**Tabla 23.** Costos de producción de cada Tratamiento.

Materia Prima	T0	T1	T2	T3
Avena Nativa x 2.5 kg	5.500	5.500	5.500	5.500
Avena Cayuse x 2.5Kg	13.000	13.000	13.000	13.000
Avena Ever Leaf x 2.5 Kg	11.750	11.750	11.750	11.750
Fertilizante	0	600	1.050	1.650
Mano de obra	93.750	93.750	93.750	93.750
Agua	50	50	50	50
Total. \$	124.050	124.650	125.100	125.700

Fuente: Avendaño, 2017

Los costos de producción para los diferentes tratamientos no tuvieron una diferencia significativa, para este trabajo aplicado.

**Tabla 24.** Costos de producción del FVH de cada variedad

Materia Prima	Avena Nativa	Avena Cayuse	Avena Ever Leaf
Semilla x 2.5 Kg	5.500	13.000	11.750
Fertilizante T1 x 7 días	200	200	200
Fertilizante T2 x 7 días	350	350	350
Fertilizante T3 x 7 días	550	550	550
Agua	50	50	50
Total. \$	6.650	14.150	12.900

Fuente: Avendaño, 2017

Los costos de producción variaron de manera significativa en relación a la avena nativa se puede observar una variación por encima del 50% debido a que las variedades Cayuse y Ever Leaf son especies que han sido sometidas a un proceso de selección y clasificación lo que hace que los costos sean superiores al momento de la compra a diferencia de la avena nativa que se adquiere en las plazas de mercado sin ningún tipo de selección y demás tratamientos que tienen las semillas certificadas.

## 7. CONCLUSIONES

- Se concluye que, para la producción de biomasa para este trabajo experimental, el mejor tratamiento fue el tratamiento dos (T2) regado con el 50% de la solución nutritiva (Humus de Lombriz), con promedio de 6, 14 Kg por bandeja.
- En los tratamientos los niveles de ferti-riego para el valor nutricional de las tres variedades de avena la solución nutritiva intervino positivamente en la proteína, FDN y FDA que mostraron los mejores resultados en el tratamiento (T3), regado con el 75% de fertilizante (Humus de Lombriz). Al Fertilizar el FVH se produce mejores resultados en calidad nutricional y en cantidad de biomasa lo cual es muy importante para la alimentación de los animales.
- En los tratamientos los niveles de ferti-riego para el valor nutricional de las tres variedades de avena la solución nutritiva, no intervino en la materia seca (MS), fibra (FC) y Energía ya que los resultados para los tratamientos fueron muy dispersos y en el caso del % de cenizas la solución nutritiva no fue favorable porque en la aplicación del fertilizante (Humus de Lombriz) mostro un descenso en los resultados.
- No hubo una diferencia significativa en los costos de producción para los diferentes tratamientos, pero es aconsejable utilizar el fertilizante para obtener mejores resultados, ya que producir FVH se ofrece a los animales en épocas de sequias, inundaciones, calidad en su alimentación y ahorro de agua.
- Para los costos de producción de cada una de las tres variedades de avena, quedo claramente que la avena Nativa es 57% más económica que la variedad Cayuse y 52% más económica que la variedad Ever Leaf, pero en calidad nutricional y producción de biomasa las variedades

Cayuse y Ever Leaf son mejores ya que estas fueron adquiridas seleccionadas y certificadas. Cualquiera de las tres variedades de avena son aptas para la producción de FVH en la alimentación y suplementación de los animales en crecimiento, producción y gestación por sus altos contenidos nutricionales.

- El periodo de producción de FVH es corto y se puede implementar de forma artesanal en la finca ocupando espacios pequeños para tener alimento constante para suplementar a los animales a un bajo costo de producción.
- El forraje verde hidropónico al ser un forraje tierno, es un alimento de con alto contenido de proteína y de fácil digestión del cual se obtienen buenos resultados en la producción animal.



## 8. RECOMENDACIONES

- Es recomendable hacer un buen manejo de humedad y temperatura tanto en el ambiente como en el cultivo para tener un control de no encharcamientos dentro de las bandejas, ya que puede alterar el valor nutricional, y el crecimiento de la planta afectando la producción del forraje y aparición de hongos.
- Es indispensable hacer una buena desinfección y retiro de las impurezas, para evitar la presencia de hongos en el crecimiento de la planta, esto en el caso de la avena nativa que no tuvo ningún tipo de tratamiento de selección y conservación de la semilla como lo tuvieron la avena Ever Leaf y Cayuse que fueron certificadas.
- Diseñar diferentes dietas complementarias con el forraje verde hidropónico para balancear los diferentes nutrientes, para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales.
- Ya que el forraje verde hidropónico, es un alimento con alto valor de proteína y bajo valor de fibra es recomendable agregar a la dieta alimentos fibrosos.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Rojas. M. (2009). *Evaluación de los parámetros de producción y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de avena y trigo producidos de manera artesanal* (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle. Bogotá.
- Herrera. A. Depablos. L. López. R. Benezra. M. Rios. L. (2007). Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje hidropónico de maíz (*zea mays*). Respuesta animal en términos de consumo y ganancia de peso. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XVII, N° 4, 372 – 379*.
- Villegas. J. Pardo. A. Llanos. L. (2014). *Cultivar avena para ensilar es una opción viable, para las ganaderías de lechería especializada*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas. C. (2008). *Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero*. Estación experimental “Alfredo Volio Mata”: Universidad de Costa Rica.
- Alegría. W. (2016). *Texto básico para profesional en ingeniería forestal. en el área de fisiología vegetal*. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Marulanda. C. Izquierdo. J. (2003). *Manual técnico la huerta hidropónica popular*. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-ah501s.pdf>
- Guerra. P. Lara. C. Sierra. J. (2013). *Guía técnica para la producción de avena forrajera en chihuahua*. Recuperado de [http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/8/2013/trimestrales/anexo\\_2413-5-2014-02-2.pdf](http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/8/2013/trimestrales/anexo_2413-5-2014-02-2.pdf)

Carballo. C. (2005). *Manual de procedimientos para la producción de forraje verde hidropónico*. Recuperado de <http://200.26.174.77/assets/repositorioPdfs/DO-AGN-CONALE-0037.pdf>

FAO. (2001). *Manual técnico forraje verde hidropónico*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-ah472s.pdf>

Manual del protagonista. *Nutrición animal*. Recuperado de [http://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual\\_de\\_Nutricion\\_Animal.pdf](http://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Nutricion_Animal.pdf)

Balocchi. O. *Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo*. Recuperado de [http://www.researchgate.net/profile/Oscar\\_Balocchi/publication/281041644\\_Determinacion\\_de\\_la\\_disponibilidad\\_de\\_materia\\_seca\\_de\\_praderas\\_en\\_pastoreo/links/577d01e608aef26c3b8097c5/Determinacion-de-la-disponibilidad-de-materia-seca-de-praderas-en-pastoreo.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Oscar_Balocchi/publication/281041644_Determinacion_de_la_disponibilidad_de_materia_seca_de_praderas_en_pastoreo/links/577d01e608aef26c3b8097c5/Determinacion-de-la-disponibilidad-de-materia-seca-de-praderas-en-pastoreo.pdf)

Aponte. N. (2010). *Nutrientes digestibles totales (TDN)*. Recuperado de [http://tirsomestre.blogspot.com.co/2010/05/nutrientes-digestibles-totales-tdn\\_17.htm](http://tirsomestre.blogspot.com.co/2010/05/nutrientes-digestibles-totales-tdn_17.htm)

Colombatto. D. *Análisis de alimentos: Aplicaciones prácticas*. Universidad de Buenos Aires. Recuperado de <http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/resumencolombatto.pdf>

Calsamiglia. S. (1997). *Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes*. Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado de [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Uso\\_de\\_Fibra\\_en\\_Rumiantes.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Uso_de_Fibra_en_Rumiantes.pdf)

Miranda. R. (2012). Alimentación de conejos con forraje verde hidropónico pro-

ducido con avena forrajera. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U.L, Torreón Coahuila, México.

Alvares. L. (2006). *Eficacia de tres medios hidropónicos en la producción de forraje verde de avena forrajera*. Universidad del Azuay, Cuenca Ecuador.

Giorgio. C. Carla. O. Juan. E. (2015). *Manual básico de nutrición y alimentación de ganado ovino*. Facultad de ciencias agronómicas, Universidad de Chile.

Oriella. R. Silvana. B. *Alimentación y nutrición en los ovinos*.

Fernando. A. (2011). *Producción de forraje verde hidropónico, una alternativa para la alimentación de animales en periodos de carencia de pastos*, Perú.

Manuel. S. (2011). *Manejo de la alimentación en el ganado ovino de carne*, Huáscar, España.

William. O. (2015). *Evaluación del uso de forraje verde hidropónico de trigo como alternativa nutricional en la producción de leche del ganado bovino*. Turmequé, Boyacá.

## 10. ANEXOS

### Anexo 1. Identificación de las semillas.



Fuente: Avendaño, 2016.

### Anexo 2. Residuos de la avena Nativa después del lavado y desinfección.





Fuente: Avendaño, 2016

**Anexo 3.** Identificación de las bandejas



Fuente: Avendaño, 2016

**Anexo 4.** Semilla de las tres variedades de avena después del embuchamiento. "lista para la siembra"



Fuente: Avendaño, 2016

**Anexo 5.** Pesando la cantidad de semilla de avena forrajera para sembrar.



Fuente: Avendaño, 2016

**Anexo 6.** Siembra de las tres variedades de avena forrajera en las bandejas



Fuente: Avendaño, 2016.



**Anexo 7.** Las tres variedades de avena recién sembradas.



Fuente: Avendaño, 2016.

**Anexo 8.** Grosor de la siembra demostrada por una moneda de 1000 pesos.



Fuente: Avendaño, 2016.



**Anexo 9.** Bandejas cubiertas con costales, para mantener humedad y temperatura y aislar un poca la luminosidad.



Fuente: Avendaño, 2016.

**Anexo 10.** Presencia de hongos y moscos en la Avena Nativa



Fuente: Avendaño, 2016.

**Anexo 11.** Tomando la altura de las plantas.



Fuente: Avendaño, 2016.

**Anexo 12.** Muestras de los diferentes tratamientos para el respectivo análisis.



Fuente: Avendaño, 2016.